



# Koivutisle – kasvinsuojelun uusi innovaatio

Kari Tiilikkala ja Marjo Segerstedt (toim.)



Maa- ja elintarviketalous 143  
129 s.

# **Koivutisle – kasvinsuojelun uusi innovaatio**

Kari Tiilikkala ja Marjo Segerstedt (toim.)

Korjattu 26.2.2010

ISBN 978-952-487-226-3 (Verkkajulkaisu)

ISSN 1458-5081 (Verkkajulkaisu)

[www.mtt.fi/met/pdf/met143.pdf](http://www.mtt.fi/met/pdf/met143.pdf)

Copyright

MTT

Kari Tiilikkala ja Marjo Segerstedt (toim.)

Julkaisija ja kustantaja

MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, Viestintä ja informaatiopalvelut, 31600 Jokioinen

Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339

sähköposti [julkaisut@mtt.fi](mailto:julkaisut@mtt.fi)

Julkaisuvuosi

2009

Kannen kuva

Jukka Salonen

Videokuvaus Kari Tiilikkala

Videoeditointi Outi Mäkilä

# Koivutisle – kasvinsuojelun uusi innovaatio

Kari Tiilikkala ja Marjo Segerstedt (toim.)

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

## Tiivistelmä

Koivutisletutkimuksen tärkein käynnistäjä oli Charcoal Finland Oy:n innovaatio, joka osoitti pyrolyysiöljyjen sopivan kasvinsuojelukäyttöön. Tutkimustavoitteemme olivat todistaa tisleen vaikutus nilviäisiin, testata muut mahdolliset käyttökohteet sekä osoittaa koivutisleen ja -tervan ekotoksikologiset vaikutukset.

Tisleen tehosta nilviäisten karkotusaineena saatiin vakuuttava näyttö. Yllättävin tulos saatiin koivutisleen tehosta rikkakasvien torjunta-aineena, sillä koivutisle on kosketusvaikutteinen herbisidi, joka tehoaa erityisen hyvin jauhosavikkaan, pihatahtimöön ja muihin leveälehtisiin rikkakasveihin. Yksikin ruiskutus voi riittää, jos käsittelyt ajoitetaan oikein rikkakasvien taimettumisvaiheeseen keväällä. Tisle tehosi hyvin myös sammaliin. Väkevät koivutisleet pysäyttivät perunaruton kasvun ravintoalustalla lähes kokonaan ja irrallisilla perunan lehdillä koivutisleet estivät perunaruton infektion ja kasvun. Vuoden 2005 kenttäkokeessa koivutisleet hidastivat perunaruton etenemistä, mutta eivät estäneet sitä perinteisen fungisidin tavoin. Lahottajasienet eivät kasvaaneet lainkaan maljoissa, joissa oli 10 tai 30 % tislellä. Tuholaisten torjunnasta tisleellä saatiin vaihtelevia tuloksia: tisle tehosi hyvin kirvoihin, muttei lainkaan kovakuoriaisiin. Punkkien torjunnassa tehot vaihtelivat torjuntateknologiasta riippuen. Tisleellä on myyriä karkottava vaikutus, mutta se ei muuta metsähiirten käyttäytymistä. Useista maaperätutkimuksista saadut tulokset osoittivat, että koivutisle ei ole haitallista maaperän hyötyeliöille. Laajan koesarjan jälkeen todettiin myös, että tisleellä ei ole myrkyllistä vaikutusta useimpiin vesieliöihin.

Kasviperäiset aineet ovat siten tärkeä osa teknologiakehitystä, jolla voidaan vähentää kasvinsuojelun ympäristöhaittoja Euroopassa. Koivusta saatavat pyrolyysituotteet voitaisiin listata niin sanottuihin vähäisen riskin aiheuttaviin aineisiin. Tisleinnovaatiolla voi täten olla suuri vaikutus uusien ja ympäristöä säästävien kasvinsuojeluteknologioiden kehitykseen. Tämän tutkimuksen suurin vaikuttavuus liittyy kuitenkin kansalliseen puukemiaan ja Biorefinerykehitykseen (Biojalostamo) sekä eurooppalaiseen KBBE-politiikkaan (knowledge based bioeconomy). Plant factory – (kasvit tehtaana) ajatus sai vahvistusta monella tavalla ja tuloksemme voivat edistää myös metsä- ja elintarvikklusterin yhteiskehitystä.

---

*Avainsanat: koivutisle, kasvinsuojelu, kasvinsuojeluaineet, torjuntamenetelmät, biologinen torjunta, herbisidit, insektisidit, fungisidit, biosidit, karkotteet, innovaatiot*

---

# Birch tar oil – a new innovation as biological plant protection product

Kari Tiilikkala and Marjo Segerstedt (eds.)

MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FI-31600 Jokioinen, Finland,  
firstname.lastname@mtt.fi

## Abstract

The first idea for using pyrolysis oils as plant protection product was discovered by owners of the company Charcoal Finland. In 2003 MTT started a systematic research for finding evidence to judge claims of the innovators. Our main aim was to prove that the birch tar oil (BTO) repels slugs and snails. Together with researcher from University of Helsinki we wanted to show also that BTO is an environmentally sound compound to be used as pesticide or biocide. One task of the joint project was focused on screening of other potential use of BTO in IPM programs and organic farming.

We were able prove that BTO is an effective repellent for control of slugs and snails. Surprisingly we found also that the oil is a contact, broad spectrum foliar herbicide which can be used for control of broadleaf weeds. The oil repels also many kind of pests and can be used as insecticide and fungicide, too.

Our toxicity studies showed clearly that aquatic organisms are invariably sensitive to the birch tar oil but results suggested that BTO does not pose a hazard to aquatic biota. The risk caused by high doses of BTO to soil organisms was insignificant.

As a conclusion after three year studies we can say that BTO proved to be an interesting source for many kinds of biological pesticides. New application technologies should be developed before BTO can be widely incorporated to novel IPM programs. However, the main problem of commercialization of the innovation will be the costly EU registration. Challenges of the registration procedure of botanical oils as pesticide has well been described e.g. in reports of the EU founded REBECA project.

---

*Key words: birch tar oil, plant protection, biological control, pesticide, herbicide, insecticide, fungicide, biocide, repellent, molluscicide, botanicals*

---

# Alkusanat

Biologisen kasvinsuojelun tutkimus- ja kehitystarpeet tulivat esiin jo 1950-luvulla, kun huomattiin kemialliseen torjuntaan liittyvät riskit. Kansainvälinen IPM-kehitys ja luonnonmukaisen viljelyn yleistymisen ovat lisänneet tarvetta löytää synteettisten torjuntakemikaalien korvaajia. Vuonna 2007 julkaistu EU:n torjunta-ainestrategia on antamassa lisävauhtia hitaasti edenneeseen torjuntakehitykseen, jossa on nyt pakko edetä kohti luonnon omien torjuntamekanismien laajempaa käyttöä ja mm. synteettisten kemikaalien korvaamista biohajoavilla aineilla.

Kasvien tuottamiin torjunta-aineisiin liittyvät tiedot löytyvät jo 4000 vuoden takaa Intiasta ja neem-puusta saatavien torjuntavalmisteiden käytöstä. Pitkää historiaa huolimatta vain muutamia kasviperäisiä valmisteita, kuten esim. nikotiini ja pyretriini, on päässyt kilpailemaan synteettisten kemikaalien valtaamille markkinoille.

MTT:ssä biologisen torjunnan tutkimus alkoi 1970 -luvulla, jolloin pääkohdeena olivat tuholaisten torjuntaan sopivat pedot ja loiset. Sen jälkeen kohdeeksi tulivat maan hyötymikrobit sekä kasvien omia puolustusmekanismeja aktivoivat aineet. Kasvien tuottamien aineiden systemaattiseen tutkimiseen siirryttiin 2000-luvun vaihteessa. Aivan erityistä vauhtia työhön saatiin Charcoal Finland Oy:n innovaatiosta, joka liittyi koivutisleen ja -tervan tehoon etanoiden torjunnassa. Kaikeksi onneksi myös Maa- ja metsätalousministeriö ennakoiki kansainvälisen Biorefinery-kehityksen ja myönsi rahoituksen hankkeelle: ”*Etanat ja kotilot hallintaan – uusi innovaatio kasvinsuojelukäyttöön*” vuonna 2005.

Hankkeella oli kolme tavoitetta: 1) todistaa tieteellisesti koivutisleen teho etanoiden ja kotiloiden karkotusaineena, 2) listata muut mahdolliset kasvinsuojelukohteet, joissa tisleen tutkimusta kannattaa jatkaa, sekä 3) osoittaa koivusta saatavien pyrolyysituotteiden (grillihiilen valmistus) ekotoksikologiset vaikutukset.

Kaikissa tämän hankkeen tutkimuksissa käytettiin yhden tislevalmistajan (Charcoal Finland Oy) tuotetta, jotta kokeiden käsittelyt olisivat keskenään vertailukelpoisia. Koivutislettä valmistetaan monilla erilaisilla pyrolyysitekniikoilla, joiden lopputuotteita ei ole verrattu toisiinsa. Tässä raportissa esitetyjä tuloksia ei voi siten yleistää kaikkia tisle-eriä koskeviksi.

Tutkimuksen johtavana osapuolena oli MTT:n kasvinsuojelututkimus ja tärkeänä yhteistyökumppanina Helsingin yliopiston ympäristöekologian laitos. Muita toimijoita ovat olleet Lahden ja Helsingin kaupunki, HAMK, Metla sekä Helsingin yliopiston soveltavan biologian laitos.

Tässä raportissa on kahdeksan osaa, joiden kirjoittajina ovat kunkin osa-alueen parhaat asiantuntijat. Kaupallistamisosan kirjoittamiseen on saatu arvokasta apua myös kasvinsuojeluaineiden rekisteröintiin perehtyneiltä viranomaisilta (Evira, SYKE, Valvira).

Hankkeen ohjausryhmään kuuluivat: puheenjohtaja Hannele Sankari (MMM) ja jäsenet Eija-Leena Hynninen (Evira), Sari Peltonen (ProAgria), Asko Riihelä (Lahden kaupunki), Martti Pyy (Charcoal Finland Oy). Ohjausryhmä oli poikkeuksellisen aktiivinen ja aloitteellinen koko hankkeen ajan. Ryhmän kirjaamassa loppuarvioinnissa todettiin, että ” *Hankkeen vaikutukset on jo nyt osoitettu selvästi ja monipuolisesti. Erityisesti todettiin monenlaisia vaikutuksia yritys- ja julkisella sektorilla. Huomattavan aktiivisia kaupallistajia on useita ja tuotteita on ollut myynnissä laajasti. Tutkimuksen vaikutuksista on saatu vakuuttava näyttö ja odotettavissa on laaja yhteiskunnallinen vaikuttavuus*”.

Tutkimusryhmän puolesta

Jokioisilla maaliskuussa 2009

Kari Tiilikkala

# Sisällysluettelo

Koivutisle karkottaa etanat ja kotilot <i>Isa Lindqvist, Bengt Lindqvist, Kari Tiilikkala, Marleena Hagner ja Heikki Setälä</i> .....	8
Koivutisleen teho rikkakasvien torjunnassa <i>Kari Tiilikkala, Bengt Lindqvist, Isa Lindqvist, Jukka Salonen, Pentti Ruuttunen, Outi Järvinen, Unto Nikunen, Heikki Setälä, Jonna Sahrakoski ja Tanja Lavonen</i> .....	20
Koivutisleen teho kasvitautien ja sammalen torjunnassa <i>Kari Tiilikkala, Asko Hannukkala, Katriina Lipponen, Risto Tahvonen ja Ilkka Lalli</i> .....	40
Koivutisleen vaikutus hyönteisiin ja punkkeihin <i>Isa Lindqvist, Bengt Lindqvist, Tuomo Tuovinen, Anne Nissinen, Seppo Korpela, Kari Tiilikkala, Kalle Hoppula, Sanna Kauppinen, Heikki Setälä ja Dionyssios Perdikis</i> .....	54
Koivutisleen vaikutus jyrsijöihin <i>Bengt Lindqvist, Kari Tiilikkala, Hannu Ojanen ja Heikki Setälä</i> .....	73
Koivutisleen vaikutus maaperäeliöihin ja kasveihin <i>Marleena Hagner, Tiina Pasanen, Heikki Setälä, Unto Nikunen ja Kari Tiilikkala</i> .....	86
Koivutisleen myrkyllisyys vesieliöille <i>Marleena Hagner, Olli-Pekka Penttinen, Tiina Pasanen, Heikki Setälä ja Kari Tiilikkala</i> .....	99
Koivutisleen kaupallistaminen kasvinsuojeluaineeksi ja biosidiksi <i>Kari Tiilikkala, Reijo Vanhanen, Sari Autio ja Kenneth Bergroth</i> .....	110



# Koivutisle karkottaa etanat ja kotilot

Isa Lindqvist<sup>1)</sup>, Bengt Lindqvist<sup>1)</sup>, Kari Tiilikkala<sup>1)</sup>,  
Marleena Hagner<sup>2)</sup> ja Heikki Setälä<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Rillitie 1, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

<sup>2)</sup>Ympäristöekologian laitos, Helsingin yliopisto, Niemenkatu 73, 15140 Lahti, marhage@jippii.fi, etunimi.sukunimi@helsinki.fi

## Tiivistelmä

Koivutisle on grillihiilen valmistuksessa syntyvä sivutuote, jota voidaan käyttää kasvinsuojeluaineena. Tisle sisältää hyvin paljon eri yhdisteitä, joista osa on haihtuvia. Yksi monista tehovaikutuksista liittyy nilviäisten häirintään haihtuvien ainesosien avulla ja siten hyötykasvien suojelemaan etanoiden ja kotiloiden aiheuttamilta haitoilta. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli osoittaa, että koivutisleestä kehitetyt rajausaineet estävät espanjansiruetanan (*Arion lusitanicus*) ja lehtokotilon (*Arianta arbustorum*) pääsyn tisleellä käsiteltyjen muovimateriaalien yli.

MTT:n koekentällä Jokioisissa ruukuissa kasvavia kiinankaaleja suojattiin sivelemällä ruukkujen ulkopinnat tisleellä. Osa ruukuista varustettiin muovikauluksella suojaamaan tislettä sateelta ja auringonpaahteelta. Lehtokotilokokeissa Lahdessa hyötykasvien suojana käytettiin pleksiaidasta tehtyjä kehikkoja, joiden yläreunat taitettiin sadesuojaksi. Etanakoikeessa ruukut käsiteltiin juoksevamman (BTO1) ja tahmeamman (BTO2) tisleen seoksella viikon tai kahden viikon välein kuukauden ajan. Kontrollina toimivat käsittelemättömät ruukut. Kotilokokeessa sekoitettiin tislettä (BTO2) vaseliiniin, jota siveltiin pleksiaitojen yläreunoihin. Tehoa verrattiin pelkästään tisleellä tai vaseliinilla käsitelyihin aitoihin. Laboratoriokokeissa selvitettiin myös tisleruiskutteiden vaikutusta kotiloiden lisääntymiseen.

Koivutisle ja sen vaseliiniseos estivät nilviäisten pääsyn hyötykasveille tehokkaasti. Etanat eivät halunneet ylittää tislekäsiteltyjä pintoja kolmeen viikkoon käsittelyn jälkeen. Viikon välein käsitellyissä ruukuissa kiinankaalit säilyivät koskemattomina koko kokeen ajan. Vaseliini lisäsi selvästi koivutisleen tehoa, sillä kertakäsittely riitti pitämään lehtokotilot poissa hyötykasveilta seitsemän viikon ajan. Tislekäsitellyt ruiskutteina eivät tuhonneet kotiloaikuisia eivätkä haitanneet munien kuoriutumista.

---

*Avainsanat: koivutisle, kasvinsuojelu, kasvinsuojeluaineet, torjuntamenetelmät, biologinen torjunta, karkotteet, molluskisidit, nilviäiset, etanat, kotilot, espanjansiruetana, lehtokotilo*

---

# Birch oil repels slugs and snails

Isa Lindqvist<sup>1</sup>), Bengt Lindqvist<sup>1</sup>), Kari Tiilikkala<sup>1</sup>),  
Marleena Hagner<sup>2</sup>) and Heikki Setälä<sup>2</sup>)

<sup>1</sup>)MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Rillitie 1, FI-31600 Jokioinen, Finland, firstname.lastname@mtt.fi

<sup>2</sup>)Department of Ecological and Environmental Sciences, University of Helsinki, Niemenkatu 73, FI-15140 Lahti, Finland, marhage@jippii.fi, firstname.lastname@helsinki.fi

## Abstract

In recent years, populations of the land snail (*Arianta arbustorum*) and the Iberian slug (*Arion lusitanicus*) have substantially increased in many areas of northern Fennoscandia. As a result, considerable plant damage in home gardens and commercial nurseries has occurred. In this study, birch tar oil (BTO), a botanically derived plant protection product, was tested against these molluscs. Our aim was to examine whether BTO alone, and BTO mixed with Vaseline could be applied as 1) a molluscicide when sprayed on land snails, 2) a mollusc repellent when painted on a Perspex barrier-fence, and, when smeared on pots containing *Brassica pekinensis* seedlings.

The results demonstrated that when applied as a spray on snails, BTO did not act as a toxic molluscicide but rendered the snails inactive for a period of several months. In addition, the use of BTO alone on the barrier fence proved to efficiently repel both snails and slugs. However, the repelling-efficiency was short-term and repeated treatments were required to keep the slugs away from the plants. On the other hand, the BTO-Vaseline mixture prevented the land snails from passing over the treated fence for up to several months. Results of these experiments provide evidence that birch tar oils, especially when mixed with Vaseline, serve as an excellent long-term repellent against molluscs.

---

*Key words: birch tar oil, plant protection, biological control, mollusc repellent, molluscicide, Iberian slug, Arion lusitanicus, land snail, Arianta arbustorum*

---

## Johdanto

Torjunta-ainevalikoiman jatkuva supistuminen Suomessa ja koko EU:ssa lisää tarvetta löytää vaihtoehtoisia torjuntamenetelmiä korvaamaan rekisteristä poistettuja synteettisiä kemikaaleja. Tämä mahdollistaa pehmeämpien biotuotteiden kehittämisen ja käyttöönoton. Näitä tuotteita edustaa suomalainen koivutisle, joka syntyy sivutuotteena grillihiilen valmistuksessa. Nimensä mukaan raaka-aineena käytetään koivua, joka tuotteistetaan kokonaan hiileksi ja nestepohjaiseksi tislevalmisteeksi. Koivutisleen kemiallinen koostumus on vielä selvittämättä, mutta sen tiedetään sisältävän monia yhdisteitä, joista fenolit ovat tärkeimpiä (Czernik 2002). Koivutisleellä on tutkimuksissamme todettu olevan potentiaalia kasvinsuojeluaineeksi ja biosidiksi. Koivutisleen monilla haihtuvilla yhdisteillä voi olla ratkaiseva merkitys aineen karkottavaan vaikutukseen.

Koivutislehankkeen ensimmäiset tutkimukset kohdistuivat nilviäisiin, joissa kohde-eliöinä olivat espanjansiruetana ja lehtokotilo. Espanjansiruetana, uusi tulokaslaji Suomessa, on jo levinnyt koko Etelä-Suomeen (Valovirta 2001). Kotimainen lehtokotilo alkoi vuosituhannen lopulla levittäytyä Etelä-Suomen rannikolta laajoille alueille Keski-Suomeen asti (Terhivuo 1978, Valovirta & Heino 1994). Molemmat lajit tuottavat esiintyessään suurta, joskin paikallista tuhoa, varsinkin kotipuutarhoissa.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tutkia koivutisleen tappavaa vaikutusta lehtokotiloihin sekä sen karkottavaa vaikutusta lehtokotiloihin ja etanoihin. Kokeissa käytettiin pyrolyysiprosessissa saatua kahta eri fraktiota: juoksempaa (BTO1) ja tahmeampaa (BTO2) tislemuotoa sekä niiden sekoitusta. Tisleet levitettiin ruiskutteina tai siveltyinä ruukkuihin ja aidanteisiin sellaiseenaan tai vaseliiniin sekoitettuna.

## Aineisto ja menetelmät

### Etanat

Ahvenanmaalta peräisin olevat espanjansiruetanat kasvatettiin kasvihuoneiden ympäröimällä ruohokentällä (4,5 m x 42 m), joka tässä kokeessa toimi koealueena MTT:llä Jokioisissa (Kuva 1). Juolavehnää (*Elymus repens*), valkoapilaa (*Trifolium repens*) ja voikukkaa (*Taraxacum officinale*) kasva-neella alueella etanapopulaatio vaihteli 20:stä 100:n yksilöön/m<sup>2</sup>. Ruukuissa kasvatetut kiinankaalintaimet (*Brassica pekinensis*) sijoitettiin metrin välein kastelumatonpalasilla varustetuille alustoille. Näin koeruukut eivät likaantu-neet sateella ja etanoiden pääsy ruukkuihin ruohosiltoja pitkin estyi.

Puolet ruukuista varustettiin muovikauluksella, joka suojasi ruukkujen ulkopuolelle siveltyä koivutislettä sateelta ja auringon paahteelta. Kerranteita oli neljä ja käsittelyjä oli kuusi: 1) ruukut ilman kaulusta ja koivutislettä (kontrolli), 2) ei kaulusta + 2 x tislettä joka toinen viikko, 3) ei kaulusta + 4 x tislettä viikon välein, 4) kaulus, ei tislettä, 5) kaulus + 2 x tislettä joka toinen viikko, 6) kaulus + 4 x tislettä viikon välein. Etanoiden aiheuttamat lehtivioitukset arvioitiin päivittäisissä tarkastuksissa koko kokeen ajalta (46 vrk) ja samalla laskettiin ruukkuihin tulleet etanat sekä poistettiin ne laskennan jälkeen. Koealueen lämpötilat ja sademäärät mitattiin päivittäin.



Kuva 1. Jokioisten koepaikka oli kahden kasvihuoneen välissä täysin muusta kasvustosta eristetyssä paikassa, jossa oli etanoiden kehitystä suosinut mikroilmasto. (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)

## Kotilot

### Ruiskutusvaikutus

Laboratoriokokeissa seurattiin koivutisleen vaikutusta lehtokotiloihin. Koe tehtiin 1,7 l lasipurkeissa, joissa kasvoi valkoapilaa (*Trifolium repens*), nurminataa (*Festuca pratensis*) ja voikukkaa (*Taraxacum officinale*). Purkkeihin laitettiin neljä aikuista lehtokotiloa ja 60 munaa. Käsittelyt, joissa kussakin oli viisi kerrannetta, olivat 1) BTO1 ruiskutus (0,5 dl/m<sup>2</sup>), 2) BTO2 ruiskutus (0,5 dl/m<sup>2</sup>) ja 3) ruiskutus vedellä. Purkit peitettiin harsolla, säilytettiin kolme kuukautta +20 °C lämmössä ja 16 tunnin valossa. Ravintoa (porkkanaa, salaattia, valkoapilan ja voikukan lehtiä) lisättiin kahdesti viikossa. Munien kuoriutumista ja kotiloiden liikkumista seurattiin viikoittain. Kolmen kuukauden kuluttua kotilot siirrettiin uusille kasveille puhtaisiin purkkeihin aktivoitumaan. Kotiloiden kuolleisuus arvioitiin vuorokauden kuluttua käsittelystä.

### Karkotevaikutus kentäkokeissa

Ensimmäinen koe tehtiin viidessä kotipuutarhassa Lahden kaupungin lehtokotiloalueella. Kasvit suojattiin pleksiaidalla (korkeus 40 cm, pinta-ala 0,74 m<sup>2</sup>), jonka yläreuna (5 cm) taitettiin sadesuojaksi tisleellä käsitellylle pinnalle (Kuva 2). Aidat käsiteltiin neljällä tavalla: 1) käsittelemätön, 2) vaseliini, 3) BTO2 ja 4) BTO2 + vaseliini. Kerranteita oli kolmesta viiteen. Tisle ja vaseliini siveltiin aitoihin vain kerran 10 cm leveäksi esteeksi. Seuraavana päivänä jokaiselle aidatulle alueelle lisättiin 50 kotiloa. Kotiloiden poistumista aitauksista seurattiin 38 päivän ajan.

Toinen koe oli identtinen edellisen kanssa (samat koejäsenet, kerranteita 2-4) eroten siinä, että kaikki lehtokotilot poistettiin aitauksista juuri ennen kokeen alkamista. Koepaikkana oli niitty, jolla kasvoi kookkaita ruohokasveja, heiniä ja lehtipuita. Kotilotiheys niityllä oli >10 aikuista/m<sup>2</sup>. Kotiloita houkuteltiin aitauksiin porkkanapaloilla, ja niiden siirtymistä koeruutuihin seurattiin seitsemän viikon ajan. Kokeessa seurattiin myös tisleen tehon vaikutusta talven yli eli ruudut havainnoitiin vielä koetta seuranneena kesänä.

Kaikissa kokeissa saatujen tulosten luotettavuus ja tilastolliset merkitsevyydet analysoitiin SPSS tilasto-ohjelmistolla. Kokeiden ja analyysien tarkemat tulokset esitetään samasta aineistosta tehtävissä tieteellisessä julkaisussa.



Kuva 2. Lahdessa käytetyt pleksiaidat lehtokotiloiden valtaamassa maastossa. (Kuvaaja: Heikki Setälä)

## Tulokset

### Koivutisleen vaikutus etanoihin

Ruukkujen ulkopintaan siveltyinä tisle esti tehokkaasti etanoiden pääsyn kasveille. Kontrollikasvit tuhoutuivat kolmen ensimmäisen viikon aikana täysin (Kuva 3, Kuva 4), kun taas käsitellyissä ruukuissa kasvit olivat vielä täysin voittumattomia. Kauluksella ei ollut merkitystä voitusteeseen eikä tisleen karkottavaan vaikutukseen. Viikon tai kahden viikon välein tehdyt tislekäsitelyt tehosivat yhtä hyvin (Kuva 5), mutta kahden viikon käsitelyvälillä saavutettu teho alkoi heiketä hiukan aikaisemmin kun viikoittaisilla käsitelyillä saavutettu teho. Kokeen alussa etanat eivät koskeneet tisleellä käsitelyihin pintoihin vaan kiersivät ruukut kokonaan (Kuva 6, Video 1). Nousu käsittelemättömiin ruukkuihin tapahtui sen sijaan hetkessä (Kuva 7, Video 2), kun ”etana-armeija” aloitti syöntinsä ja tuho oli täydellinen (Kuva 8, Video 3).

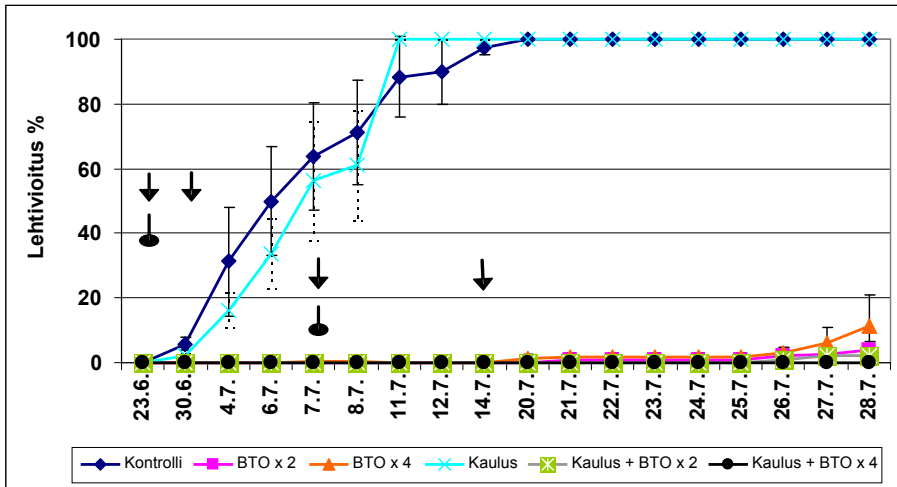


Kuva 3. Espanjansiruetana tuhosi käsittelemättömien ruukkujen kaalit muutamassa yössä. Kuvat on otettu esikokeesta, joka tehtiin keväällä ennen varsinaista kenttäkoetta. (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)



Kuva 4. Koivutisleellä käsiteltyjen ruukkujen kaalit saivat kasvaa rauhassa kokeen loppuun saakka. (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)





Kuva 5. Lehtivioitukset (%) kiinankaalilla eri tisekäsittelyissä (BTO). Kolmionuolet viittaavat viikoittaisiin käsittelyihin ja ympyränuolet kahden viikon välein tehtyihin käsittelyihin. Käsittelemättömien (kontrolli) sekä pelkällä muovikauluksella suojattujen ruukkujen kaalit syötiin kokonaan parissa viikossa. Tiseellä käsiteltävien ruukkujen kasvit säilyivät koskemattomina lähes kokeen loppuun saakka.



Kuva 6. Koivutisleestä vapautuneet yhdisteet saivat etanat väistämään ruukun kokonaan. (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)





Kuva 7. Illan hämärtyessä espanjansiruetanat nousivat notkeasti käsittelemättömiin ruukkuihin ja aloittivat syönnin, jota jatkui auringon nousuun saakka. (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)

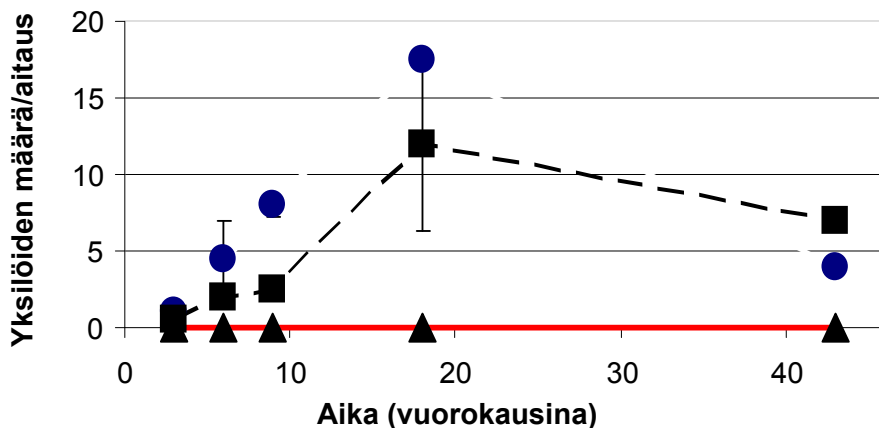


Kuva 8. Tuho oli täydellinen muutamassa päivässä eli kasvit katosivat kokonaan ja vain juuri jäi maahan viimeisten tulijoiden kaluttavaksi. (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)

## Koivutisleen vaikutus kotiloihin

Tisleruiskutukset eivät tuhonneet kotiloaikuisia, vaan ne erittivät runsaasti limaa heti käsittelyn jälkeen, ja seuraavana päivänä niiden etuosan aukossa oli limatulppa. Kotilot olivat passiivisia koko seurannan ajan ja aktivoituivat uudelleen vasta, kun ne siirrettiin puhtaisiin astioihin. Ruiskutukset eivät myöskään haitanneet munien kuoriutumista tai nuorten kotiloiden aktiivisuutta ja eloonjäämistä.

Tislevaseliinisekoituksella sivellyt aitaukset estivät tehokkaasti kotiloiden pääsyn ulos aitauksista kuten myös niiden sisäänpääsyn. Pelkkä koivutisle tai vaseliini sinänsä vaikeutti jonkin verran kotiloiden siirtymistä aitauksesta sisään tai ulos, mutta sekoitettuna keskenään tulos oli erinomainen (Kuva 9). BTO2-vaseliinisekoitteen karkottava vaikutus kesti myös talven yli, sillä keväällä tarkastetusta käsitellystä aitauksesta ei löytynyt yhtään kotiloa.



Kuva 9. Lehtokotilomäärät (pystyakseli) eri ajankohtina (päiviä kokeen alusta) erilailla käsitellyissä aidanteissa. Kolmioviiva = BTO2 + Vaseliini; Neliöviiva = Vaseliini, Palloviiva = käsittelemätön kontrolli.

## Tulosten tarkastelu

Alustavissa kokeissa näytti siltä, että koivutisle (BTO1) on haitallista etanoille (*Deroceras agreste* ja *Arion lusitanicus*), jos sitä on ruiskutettu niiden ravintokasveille. Kotiloihin tisle ei kuitenkaan vaikuttanut yhtä tehokkaasti, sillä kalkkikuori suojaa niitä aineilta, jotka ovat ilmeisen haitallisia muille nilviäisille (Kerney & Cameron 1979). Horrostilan pituus (3kk) laboratorio-kokeessa viittaa siihen, että myös kotiloiden ravinto oli pilaantunut tislekäsittelyssä. Kenttäolosuhteissa teho lyhenisi todennäköisesti huomattavasti, koska tisle hajoaa maassa ja kasvustossa nopeasti.

Tutkimukset osoittivat, että koivutisle siveltyinä muovi- tai sen kaltaisiin tislettä hylkiviin pintoihin, esti nilviäisiä ylittämästä tisle-esteen. Nilviäiset pystyivät lähietäisyydeltä tunnistamaan jonkin tai joitakin koivutisleessä olevia haihtuvia aineita ja kääntyivät pois koskettamatta tisleellä siveltyä ruukkupintaa. Koivutisleen karkottava vaikutus nilviäisiin on selvästi vahvempi kuin esimerkiksi mäntytervan, joka vain pysäytti kotilot hetkeksi, jonka jälkeen ne ylittivät mäntytervaesteen (Hagner 2005). Vaseliini-koivutisle-sekoitteessa kotiloita karkottava vaikutus säilyi pitkään, koska vaseliini todennäköisesti esti tisleen kuivumisen, jolloin myös siinä olevat karkottavat aineet säilyttivät tehonsa. Vaseliini-koivutisle-sekoite tehostaisi mitä todennäköisimmin myös tisleen karkottavaa vaikutusta etanoihin.

Ympäristöystävällisenä aineena koivutisle olisi varmasti tervetullut vaihtoehto nilviäisten torjunnassa sekä koti- että kauppapuutarhoissa. Toistaiseksi markkinoinnin esteenä on kuitenkin rekisteröinnin puute, koska kasveistakin saatavat tehoaineet ja valmisteet pitää rekisteröidä EU:n direktiivien (PPP-direktiivi) edellyttämällä tavalla.

## Kirjallisuus

- Czernik, S. 2002. Environment, health and safety. Teoksessa: Bridgewater A.V. (toim.). Fast Pyrolysis of Biomass, A Handbook. Newbury, UK: CPL Press. s. 115–118.
- Hagner, M. 2005. Koivutisle torjunta-aineena: vaikutukset lehtokotiloon (*Arianta arbustorum*) ja maaperään. Pro gradu. Helsingin yliopisto, Ympäristöekologian laitos. 39 s.
- Kerney, M.P. & Cameron, R.A.D. 1979. A Field Guide to the Land Snails of Britain and North-West Europe. London: Collins Publishers. 288 s.
- Terhivuo, J. 1978. Growth, reproduction and hibernation of *Arianta arbustorum* (L.) (Gastropoda, Helicidae) in southern Finland. Annales Zoologici fennici 15: 8–16.
- Valovirta, I. 2001. Espanjansiruetana – uusi tuholainen Suomessa. Luonnontieteellinen keskusmuseo. Saatavissa internetistä: <http://www.fmnh.helsinki.fi/elainmuseo/selkarangattomat/tietoa/espanjansiruetana/index.htm>.
- Valovirta, I. & Heino, M. 1994. Maanilviäiset ympäristön tilan seurannassa. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus. 56 s.

# Koivutisleen teho rikkakasvien torjunnassa

Kari Tiilikkala<sup>1)</sup>, Bengt Lindqvist<sup>1)</sup>, Isa Lindqvist<sup>1)</sup>, Jukka Salonen<sup>1)</sup>,  
Pentti Ruuttunen<sup>1)</sup>, Outi Järvinen<sup>1)</sup>, Unto Nikunen<sup>1)</sup>, Heikki Setälä<sup>2)</sup>,  
Jonna Sahrakoski<sup>3)</sup> ja Tanja Lavonen<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Rillitie 1, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

<sup>2)</sup>Ympäristöekologian laitos, Helsingin yliopisto, Niemenkatu 73, 15140 Lahti, etunimi.sukunimi@helsinki.fi

<sup>3)</sup>Hämeen ammattikorkeakoulu, Lepaantie 129, 14610 Lepaa, jonna.sahrakoski@luukku.com

<sup>4)</sup>Soveltavan biologian laitos, Helsingin yliopisto, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto, tanja.lavonen@gmail.com

## Tiivistelmä

Koivutisle on grillihiilen valmistukseen käytettävän pyrolyysin sivutuote. Sitä saadaan suuria määriä, Suomessa satoja tuhansia litroja vuodessa. Tisle sisältää tuhansia yhdisteitä, joista kolmannes on fenoleja. Synteettisiä fenoleja on käytetty yleisesti herbisideinä. Yksi yleisimmistä tehoaineista oli dinosebi, jonka käyttö on kielletty sen myrkyllisyyden ja ympäristöhaittojen takia.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli osoittaa koivutisleen käyttökelpoisuus ja teho rikkakasvien torjunta-aineena. Osa kokeista tehtiin kasvihuoneissa, osa käytännön viljelmillä. Tulokset ovat pääosin alustavia, ja ne pitää varmentaa jatkotutkimuksilla.

Alustavat tuloksemme osoittivat, että koivutisle on kosketusvaikutteinen herbisidi, joka tehoaa erityisen hyvin jauhosavikkaan, pihatähtimöön sekä muihin leveälehtisiin rikkakasveihin. Yksikin ruiskutus voi riittää, jos käsitteilyt ajoitetaan oikein rikkakasvien taimettumisvaiheeseen keväällä. Tisle on kontaktivaikutteinen aine, joka ei kulkeudu kasvissa. Vain ruiskutteella peittyvät kasvinosat tuhoutuvat. Monivuotisten rikkakasvien, kuten nokkosen, torjunnassa tarvitaan useita ruiskutuksia sen mukaan, miten juurakossa riittää energiaa uusien versojen kasvuun. Yksittäisten ongelmakasvien, kuten voikukkien ja jättiputkien, torjunnassa saatiin alustava näyttö koivutisleen torjuntatehosta. Tisle sopii myös käytävien ja perennapenkkinen rajausaineeksi. Laaja käytännön kenttäkoe osoitti, että marjakasvit eivät vioitu, vaikka niiden tyvet käsitellään toistuvasti koivutisleellä. Myös mansikka ja peruna kestävät suuria tislelämääriä. Tisleen vaikutuksesta kasvien kasvua stimuloivana aineena saatiin selviä viitteitä. Tisleen kaupallistaminen herbisidiksi edellyttää tehoaineen ja valmisteiden EU-rekisteröintiä kasvinsuojeluaineeksi, joten siihen liittyvän dokumentaation hankinta on suuri haaste.

---

*Avainsanat: koivutisle, kasvinsuojelu, kasvinsuojeluaineet, torjuntamenetelmät, rikkakasvit, torjunta, biologinen torjunta, herbisidit*

---

# Herbicidal effects of birch tar oil (BTO)

Kari Tiilikkala<sup>1)</sup>, Bengt Lindqvist<sup>1)</sup>, Isa Lindqvist<sup>1)</sup>, Jukka Salonen<sup>1)</sup>,  
Pentti Ruuttunen<sup>1)</sup>, Outi Järvinen<sup>1)</sup>, Unto Nikunen<sup>1)</sup>, Heikki Setälä<sup>2)</sup>,  
Jonna Sahrakoski<sup>3)</sup> and Tanja Lavonen<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Rillitie 1, FI-31600 Jokioinen, Finland, [firstname.lastname@mtt.fi](mailto:firstname.lastname@mtt.fi)

<sup>2)</sup>Department of Ecological and Environmental Sciences, University of Helsinki, Niemenkatu 73, FI-15140 Lahti, Finland, [firstname.lastname@helsinki.fi](mailto:firstname.lastname@helsinki.fi)

<sup>3)</sup>HAMK University of Applied Sciences, Lepaantie 129, FI-14610 Lepaa, Finland, [jonna.sahrakoski@luukku.com](mailto:jonna.sahrakoski@luukku.com)

<sup>4)</sup>Department of Applied Biology, University of Helsinki, P.O. Box 27, FI-00014 University of Helsinki, Finland, [tanja.lavonen@gmail.com](mailto:tanja.lavonen@gmail.com)

## Abstract

Birch tar oil (BTO) or birch oil distillate, is a by-product of processing birch wood in a pyrolysis process and contains numerous phenolic compounds including allylphenol, cresol and guaiacol. Prohibition of the use of effective but environmentally hazardous synthetic phenolic herbicides, such as dinoseb, opens the possibility to target alternative sources of eco-friendly herbicides. The use of BTO is a new innovation in plant protection and its effect as a herbicide has been largely unexplored. In this study we examined the effects of BTO on weeds in a green house experiment and determined the efficacy of BTO as a herbicide in the field.

Our results showed that BTO acted as a contact, broad spectrum, foliar herbicide for the control of annual and perennial broadleaf weeds. We observed that BTO affected only those parts of the plant that were coated with spray solution, suggesting that the product does not translocate. The implications for BTO used as a method of weed control in organic farming systems and in horticulture is promising. However, new technology for the application of pyrolysis oils is needed before crop specific control systems can successfully be implemented into practice. In Europe, high registration costs of new plant protection products may limit the possibility to commercialise the BTO innovation in member states. On the other hand, in the USA, botanically derived oils have been registered as herbicides, and, ingredients of some plant oils have met requirements of the USDA's National Organic Farming.

---

*Key words: birch tar oil, plant protection, biological control, weed control, botanicals, herbicide*

---

## Johdanto

Koivutisleessä ja tervassa on tuhansia yhdisteitä, joista noin 1/3 on fenoleja. Synteettisiä fenoleja (esim. dinosebi) on käytetty yleisesti rikkakasvien torjunta-aineina, mutta niiden käytöstä on luovuttu (dinosebikielto Suomessa 1987) kemikaalien myrkyllisyyden ja ympäristöhaittojen takia. Dinosebi oli erityisen myrkyllinen mm. kaloille, toisin kuin koivutisle, joka ei ole myrkyllinen kaloille eikä maaperäeliöille (tulokset tämän raportin osissa 6 ja 7). Fenolisia yhdisteitä on löydetty myös muista kasveista, kuten neilikkaöljystä (Boyd & Brennen 2006). Kasveista eristetyt öljyt ovat luonnontuotteita, jotka myös hajoavat nopeasti luonnossa (Tworkoski 2002). Ympäristöriskien vähäisyyden takia kasvipärisien aineiden tutkimus ja tuotekehitys on käynnistynyt vilkkaasti erityisesti luonnontuotteen tuotannon tarpeisiin (Comis 2002). USA:ssa ensimmäiset kasvipäriset herbisidit ovat jo markkinoilla ja orgaaniseen viljelyyn hyväksytyjä.

Koivutisleen käytöstä herbisidinä ei ole ollut julkaistua tietoa, joten tämän tutkimuksen päätavoitteena oli osoittaa tisleen vaikutus kasveihin eri annoksina kasvihuoneissa sekä avomaalla tehdyissä kokeissa. Pääkohteena olivat yksivuotiset ja yleiset kasvit, kuten jauhosavikka (*Chenopodium album*) ja pihatahtimö (*Stellaria media*). Osatavoitteina oli osoittaa tisleen teho monivuotisiin rikkakasveihin, kuten nokkoseen (*Urtica dioica*) sekä erityisongelmia aiheuttaviin lajeihin: voikukka (*Taraxacum officinale*) ja jättiputkeen (*Heracleum mantegazzianum*). Tutkimusten yhteydessä havainnointiin myös erityyppisten viljelykasvien herkkyys tislereiskutuksille. Havaintokokeissa arvioitiin myös tisleen käyttökelpoisuutta nurmikkojen rajausaineena ja käytävien hoitoaineena. Kaupunkipuistojen ja käytävien kasvinsuojelussa on erityisen suuri tarve löytää biohajoavia herbisidejä, koska aineiden huuhtoutumisriskit sadeviemäriin ovat suuria. Myös puistossa liikkuvien lasten ja lemmikkieläinten terveyden takia on torjunnassa usein syytä siirtyä biologisiin torjuntavalmisteisiin.

## Aineisto ja menetelmät

### Kasvihuonekokeet

#### Koivutisleen (100 %) vaikutustesti

MTT:n kasvihuoneissa Jokioisissa tehtiin kolme tähän hankkeeseen kuulunutta koetta. Ensimmäisessä ns. alustavassa kokeessa tutkittiin 100-prosenttisen koivutisleen (CAS numero 8001-88-5) vaikutusta jauhosavikan siementaimiin sekä tislekäsittelyn jälkivaikutusta käsittelyn jälkeen itäneisiin taimiin. Kasvihuoneen lämpötila kokeen aikana oli 18/22 °C (yö/päivä) ja valotusaika 16:8 tuntia. Kokeessa käytetyt savikan siemenet saatiin MTT:n

siemenpankista (042-05). Kokeissa käytettiin muovilaatikoita (43 x 26 x 6,5 cm), joissa kasvualustana oli turve (Kekkilän ruukutusseos). Kaikkien koe-laatikoiden kasvustot kuvattiin kerran vuorokaudessa viikon ajan, jotta voitiin todentaa sekä a) rikkakasvien tuhoutuminen että b) käsittelyn jälkeinen taimettuminen. Muita mittauksia ei tehty eli alustavan testin tulokset esitetään kuvina.

## **Koivutisleen teho eri kasvuvaiheessa olleisiin rikkakasveihin**

Toisessa kokeessa ruiskutteenä oli edelleen 100-prosenttinen tisle ja koekasvina savikka, joka kylvettiin laatikoihin 26. tammikuuta 2006. Tisleen ruiskutusaikoja oli neljä: 3., 6., 8., ja 10. helmikuuta. Tavoitteena oli tutkia tisleen teho rikkakasveihin niiden eri kehitysasteella. Kasvinäytteet otettiin 8,95 cm<sup>2</sup> alalta jokaisesta koelaatikosta 3. maaliskuuta 2006. Kokeessa oli neljä kerrannetta ja koeolosuhteet olivat samat kuin esikokeessa.

## **Koivutisleen annosvastekoe**

Kolmannessa kokeessa koekasveina olivat: a) jauhosavikka (MTT:n siemenpankki) (042-05) sekä b) porkkana (lajike Splendid). Molemmat kasvit kylvettiin 15. marraskuuta 2006; rikkakasvit (4g) tasaisesti koko laatikkoon ja porkkanat kahteen riviin. Laatikko ja kasvualusta olivat samat kuin edellisissä kokeissa. Tisle/vesiseos ruiskutettiin 7. joulukuuta 2006. Ruiskuteväkevyydet olivat 10, 20, 30, 40 ja 50 %. Verranteena olivat käsittelemättömät kontrollit, jotka saatiin peittämällä puolet laatikosta ruiskutuksen ajaksi. Kerranteita oli neljä. Ruiskutemäärä oli 135 g/m<sup>2</sup>. Savikoiden ja porkkanoiden kuivapainot punnittiin 25. tammikuuta otetuista näytteistä (näyteala 8,95 cm<sup>2</sup>).

## **Fytotoksisuuskokeet kasvihuoneessa**

Tisleen vaikutusta mansikan kasvuun testattiin kasvihuoneessa kevättalvella 2006. Kokeissa käytettiin kuuden viikon ikäisiä emotaimia (Jonsok) sekä kolmen viikon ikäisiä pistokastaimia. Kasvit olivat yhden litran ruukuissa, kasvualustana Kekkilän ruukutussekoitus. Kasvihuoneen lämpötila oli 18/22 astetta (yö/päivä) ja valotusaika 16:8 tuntia. Koekasvit kasteltiin säännöllisesti niiden kehitystä ja vedentarvetta tarkkaillen. Ennen käsittelyä mahdolliset rönsyt poistettiin kasveista. Tisle sekoitettiin veteen ja lehdet ruiskutettiin (täysin peittäen) kolmella eri väkevyydellä: 5 %, 10 % ja 20 %. Koekasveja oli 10 kpl/käsittely ja ne ruiskutettiin kolme kertaa kymmenen päivän välein. Ruiskutteiden vaikutusta mansikoiden kasvuun seurattiin kolmen kuukauden ajan ja vioitusarviot tehtiin kuuden viikon ajalta. Kasvien lehtilukumäärä laskettiin sekä niiden tuottamien rönsyjen pituudet mitattiin. Myös rönsyjen tuore- ja kuivapainot punnittiin samoin kuin kasvuston painot kokeen lopussa.



## Koivutisleen ja mäntyöljyn vertailukoe

Kokeen tarkoitus oli verrata koivutisleen, mäntyöljyn ja etikkahapon vaikutuksia kahteen rikkakasvilajiin eri kehitysvaiheissa ja eri pitoisuuksilla. Koe toteutettiin Viikissä Helsingin yliopiston kasvihuoneilla keväällä 2007.

Kokeessa oli mukana kaksi uutta torjunta-ainetta, koivutisle ja mäntyöljy. Niitä verrattiin jo markkinoilla olevaan etikkahappovalmisteeseen (Neko Rikkatorjunta; CAS numero 94-75-7) sekä pelkällä vedellä käsiteltyihin kasveihin. Lisäksi kokeessa oli mukana Tolu-kontrolli, sillä Toluia käytettiin mäntyöljyn laimentamisen helpottamiseksi. Käsittelypitoisuudet olivat etikkahapolla 12 %, koivutisleellä 30, 60 ja 80 %, ja mäntyöljyllä 5, 10, 50 ja 80 %. Öljyseoksiin lisättiin Toluia 10 %, joka oli myös Tolu-kontrollin pitoisuus. Määrä vastaa desinfiointiväkevyyttä puhdistuskäytössä.

Koe tehtiin kahdella kasvilajilla, jotka olivat pihasaunio (*Matricaria matricarioides*) ja punanata (*Festuca rubra*). Kasvilajien valinnan perusteina oli niiden yleisyys Helsingin kaduilla, siementen saatavuus sekä nopea ja riittävän tasainen itävyys alustavassa idätyskokeessa. Siemenet kylvettiin kahdessa erässä kahden viikon välein. Kylvön jälkeen ruukut kasteltiin ja peitettiin muovilla noin viikoksi, kunnes kasvit olivat taimettuneet. Ruukkuja oli yhteensä 80 kpl/kasvilaji ja jokaisessa ruukussa oli neljä samassa kasvuvaiheessa olevaa kasvia, jotka muodostivat yhden havaintoyksikön. Ruukkukoko oli 1,5 l ja kasvualusta Kekkilän karkea ruukutusseos.

Kasvihuoneen päivälämpötilaksi oli säädetty 16–18 °C ja yölämpötilaksi 12–15 °C. Kasveja kasteltiin tarpeen mukaan, lannoitusta ei annettu. Päivänpituus huoneessa oli 12 h.

Mittaukset ja käsittelyt suoritettiin, kun kasvit olivat kolmen ja viiden viikon ikäisiä. Pituusmittaus tehtiin jokaisen kasviyksilön pisimmästä lehdestä 0,5 cm tarkkuudella. Aineet levitettiin tavallisella käsikäyttöisellä ruiskupullolla. Ruiskutettu määrä oli 2,3 dl/m<sup>2</sup>.

Kuolleisuus ja vaurioiden aste määritettiin silmämääräisesti viiden päivän kuluttua käsittelystä. Lisäksi mitattiin uudelleen lehtien pituus. Kasvit punnittiin ja tämän jälkeen niitä kuivattiin noin 75 °C:n lämpötilassa 2-4 vrk, jonka jälkeen ne punnittiin uudelleen. Kuivapainot punnittiin vain viiden viikon ikäisistä kasveista.

Tuloksista tehtiin tilastolliset analyysit käyttäen SPSS-tilasto-ohjelmaa. Kasvien pituudet analysoitiin varianssianalyysillä. Punanadalla tuore- ja kuivapainon kohdalla varianssianalyysin oletukset eivät toteutuneet, joten niistä ei testejä tehty. Parittaiset vertailut tehtiin Dunnettin testillä, jossa käsittelyjä verrattiin vesikontrolliin. Osassa aineistosta virhevarianssit olivat erisuuria, jolloin parittainen vertailu tehtiin Dunnettin T3-testillä.

# Kenttäkokeet

## Yksivuotiset siemenrikkakasvit

Koe perustettiin omatarveviljelmälle paikkaan, jossa oli erittäin suuri jauhosavikan ja pihatähtimön siemenpankki. Koekasvina oli porkkana, lajike Splendid. Kasvupaikalla, joka on ollut viljelyssä noin 100 vuotta, ei ole koskaan käytetty mitään kemiallisia torjunta-aineita. Esikasvina oli peruna, jonka kasvun em. rikkalajit olivat kyenneet estämään lähes täydellisesti. Ruutukoko oli 1 x 0,5 m, kerranteita oli kolme, jotka kaikki kylvettiin eri aikaan: 14. toukokuuta (2006), 21. ja 28. toukokuuta. Ruiskutteenä käytettiin Charcoal Finland Oy:n tislettä (100 %), määrä oli 135 ml/neliometri ja ruiskuna Hardi C5 paineruisku. Ruiskutusajat olivat: 9. kesäkuuta/ensimmäinen kylvö sekä 15. kesäkuuta/kaksi viimeistä kylvöaikaa. Rikkakasvien ja porkkanan kehitys havainnoitiin ja ruudut kuvattiin viikoittain elokuun 10. päivään saakka, jolloin jokaisesta ruudusta otettiin kasvustonäyte. Näyteala ala oli 25 cm x 40 cm ja siltä poistettiin kaikki kasvit lajinmäärittystä ja punnitusta varten.

## Monivuotiset kasvit

### Nokkoskoe herukkaviljelmällä

Nokkosentorjuntakoe perustettiin Pälkäneelle valkoherukkakasvustoon (lajike Valkoinen hollantilainen), jossa nokkoset kasvoivat herukoiden alla tiheänä mattona. Koeruudut olivat 2 m pitkiä ja jokaisessa ruudussa oli yksi herukkarivi. Kerranteita oli 4 ja käsittelyjä 5:

- 1) ruiskuttamaton kontrolli
- 2) koivutisle (100 %) varhaiskäsittely 4. toukokuuta 2005
- 3) varhaiskäsittely (4. toukokuuta) + kaksi ruiskutusta uusiin versoihin (24. toukokuuta ja 7. syyskuuta.)
- 4) yksi ruiskutus 10. toukokuuta (1 viikko varhaiskäsittelyn jälkeen)
- 5) yksi ruiskutus 17. toukokuuta (2 viikkoa varhaiskäsittelyn jälkeen)

Nokkosten lehdet ruiskutettiin paineruiskulla (Hardi C5) herukoiden tyviä varomatta. Torjunnan teho arvioitiin tehoprocentteina viikoittain vertaamalla ruiskutettujen koeruutujen nokkosmääriä käsittelemättömien ruutujen nokkosmääriin. Toukokuusta elokuun loppuun jatkuneen nokkoshavainnoinnin yhteydessä seurattiin myös herukoiden lehtivioitukset ja kasvuhäiriöt. Kokeen tarkempi kuvaus esitetään Jonna Sahrakosken opinnäytetyössä (Sahrakoski 2008).

## Havaintokokeet tisleen vaikutuksesta yksittäisiin ongelmakasveihin ja rajausaineena

Jättiputken (*Heracleum mantegazzianum*) torjuntaa tisleellä kokeiltiin Toholammilla kesällä 2006 kolmessa eri paikassa. Tien numero 775 varrella on useita ja nopeasti levinneitä jättiputkiesiintymiä, joiden todennäköinen alku on koristekasviksi tuotu ja tienvarteen levinnyt laaja kasvusto (Kuva 1). Ensimmäinen koe perustettiin tieluiskalle kasvaneeseen kasvustoon, jossa koe-kasvit niitettiin 16. kesäkuuta. Katkaistut jäljelle jääneet tyvet (putket) täytettiin 100-prosenttisellä tisleellä. Tisleen vaikutusta seurattiin viikoittain tehdyillä havainnoinneilla ja kasvien kuvauksilla.

Kaksi muuta havaintokoetta perustettiin 26. kesäkuuta vastaavalla tavalla: toinen koepaikka oli piha-alueella, toinen heinää kasvaneen pellon päisteellä.

Tisleen vaikutusta nurmessa kasvaneisiin voikukkiin (*Taraxacum officinale*) kokeiltiin kesällä 2006. Tisle (100 %) ruiskutettiin (Hardi C5) jokaisen kasvin keskelle ja lehdille, josta tisle valui lehtien muodostaman ”suppilon” keskelle ja kasvupisteeseen.



Kuva 1. Jättiputki on levinnyt tienvarsikasvustoon Toholammilla. (Kuvaaja: Hanna-Maija Nikunen)

# Tulokset ja tulosten tarkastelu

## MTT:n kasvihuonekokeet

Alustavan kokeen tulos osoitti heti selvästi, että koivutisle torjui jauhosavikat tehokkaasti (Kuva 2). Samalla voitiin osoittaa, ettei tisleeriskutuksella (100 %) ollut jälkivaikutusta eli ruiskutusten jälkeen taimettuneet rikkakasvit kasvoivat normaalisti (Kuva 3).

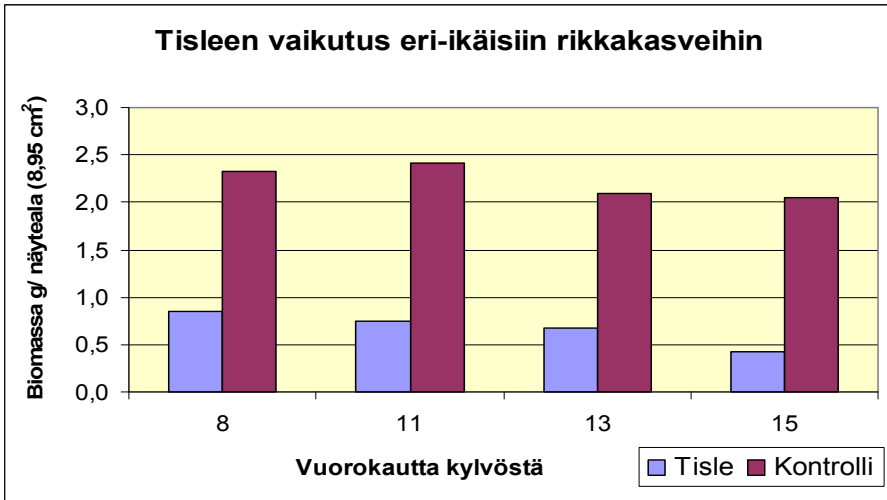


Kuva 2. Tisleeriskutus torjui jauhosavikat täydellisesti laatikon käsitellystä osasta (oikea laita). Kontrolliosassa rikkakasvien kehitys oli nopeaa. (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)

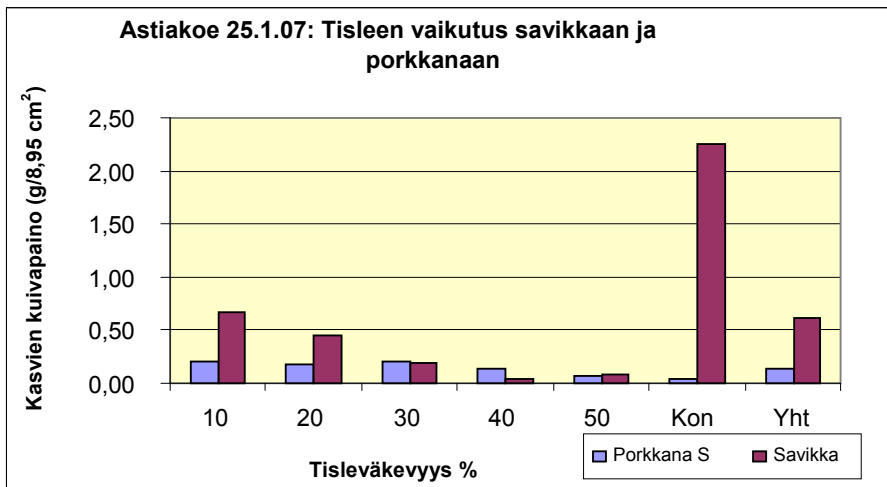


Kuva 3. Käsitellyn jälkeen itäneet savikat kasvoivat hyvin eli tisleellä ei ollut merkittävää maavaikutusta. (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)

Tisleen ruiskutusaikakoe osoitti, että käsittelyn tehoa voidaan lisätä myöhästyttämällä ruiskutusta sitten, että mahdollisimman suuri osa rikkakasveista ehtii taimettua ennen ruiskutusta (Kuva 4). Ajoituksessa olennaista on sovitaa ruiskuttaminen rikkakasvien sekä viljelykasvin taimettumisen kannalta optimaalisesti.



Kuva 4. Tisleen vaikutus eri-ikäisiin rikkakasveihin. Tisle = tisleellä käsiteltyjen rikkakasvien paino/näyteala (g/8,95 cm<sup>2</sup>), Kontrolli = käsittelemättömän näyteruudun rikkakasvipainot (g/8,95 m<sup>2</sup>). Myöhästyttetty ruiskutus paransi vain vähän torjuntatehoa, mutta on olennainen tehoon vaikuttava tekijä, jos rikkakasvien taimettumisvaihe jatkuu pitkään.



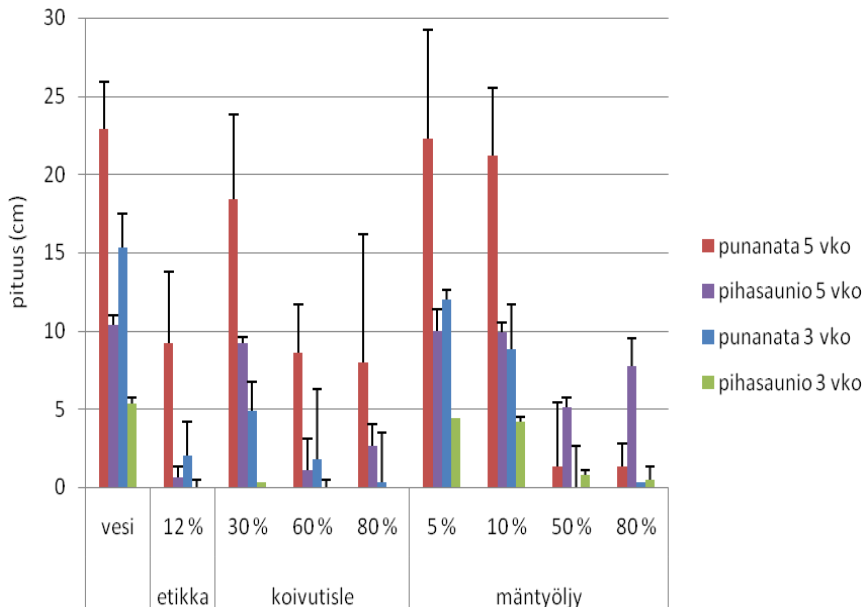
Kuva 5. Tisleväkevyyden vaikutus torjuntatehoon. Ala-akselin luvut ovat ruiskutteen tisleväkevyyksiä prosentteina, kantoaineena oli vesi. Kon = tislepitoisuus 0 (käsittelemättömän kontrollikasvusto) ja yht = koko kokeen kasvikohtainen keskiarvo.

Annosvastekokeet osoittivat, että tisleen 30–40-prosenttisella vesiseoksella saadaan sama tulos kuin 50-prosenttisella ruiskutteella (Kuva 5). Käsittelyn jälkeen itävien porkkanoiden vioutusriski kasvaa, jos tislepitoisuus nousee yli 30 prosentin. Kasvilajikohtaiset kestävyudet/rajat pitää tutkia erikseen, koska viljelykasvien sietokyky vaihtelee kasvilajeittain.

## Viikin kasvihuonekokeet

Koivutisleen (60 % ja 80 %) ja mäntyöljyn (50 % ja 80 %) suurimmat käytöväkevyydet vähensivät eniten koekasvien pituuskasvua (Kuva 6). Samantasoiseen tulokseen päästiin myös etikkahapolla.

Viiden viikon ikäisten punanatojen pituudet erosivat vedellä käsitellyistä kasveista. Erot olivat tilastollisesti merkitseviä ( $p < 0,01$ ) käsittelyissä, joissa käytettiin etikkahappoa, 60- ja 80-prosenttista koivutislettä sekä 50- ja 80-prosenttista mäntyöljyä. Koivutisleen ja mäntyöljyn laimeimmilla pitoisuuksilla ei saatu riittävää torjuntavaikutusta. Nuoremmilla, kolmen viikon ikäisillä taimilla myös laimeammat pitoisuudet tehosivat hyvin 5-prosenttista mäntyöljyä lukuun ottamatta ( $p < 0,05$ ).

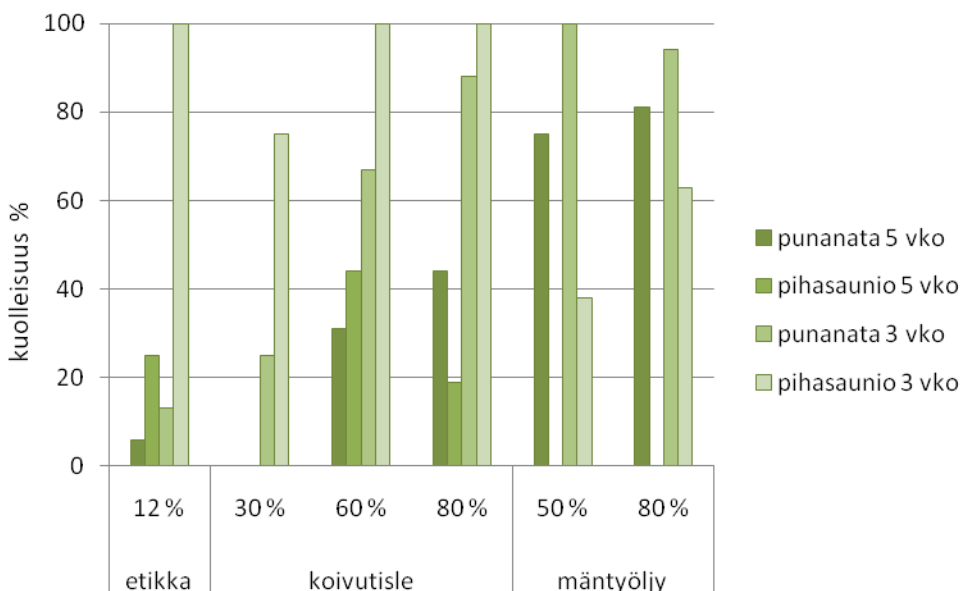


Kuva 6. Punanadan ja pihasaunion pituudet (cm) etikkahapolla (12-prosenttinen väkevyyden), koivutisleellä (30-, 60- ja 80-prosenttiset väkevyydet) ja mäntyöljyllä (5-, 10-, 50- ja 80-prosenttiset väkevyydet) käsitellyissä astioissa. Pystyjanat kuvaavat keskihajontaa. Viikkoluku (3 vko ja 5 vko) tarkoittaa kasvien ikää ruiskutushetkellä.

Etikkahappo, 60-prosenttinen koivutisle ja 50-prosenttinen mäntyöljy tehosivat hyvin viiden viikon ikäisiin pihasaunioihin ( $p < 0,05$ ). Kolmen viikon ikäiset pihasauniot olivat herkempiä eli tilastollisesti merkitseviä eroja kontrolliin syntyi etikkahapolla, koivutisleen kaikilla pitoisuuksilla ja mäntyöljyn 50- ja 80-prosenttisilla laimennoksilla ( $p < 0,01$ ).

Kolmeviikkoisten pihasaunioiden kuolleisuus oli suurinta 60- ja 80-prosenttisella koivutisleellä ja etikkahapolla käsitellyissä astioissa (Kuva 7). Viisiviikkosiin pihasaunioihin tehoosi parhaiten 60-prosenttinen koivutisle. Punanadalla kuolleisuus oli suurinta 50- ja 80-prosenttisellä mäntyöljyllä käsitellyillä astioissa ja molemmissa kasvuvaiheissa. Matalimmat mäntyöljypitoisuudet eivät tappaneet kasveja lainkaan. Viisiviikkoiset pihasauniot eivät kuolleet korkeimmillakaan mäntyöljypitoisuuksilla käsiteltäessä.

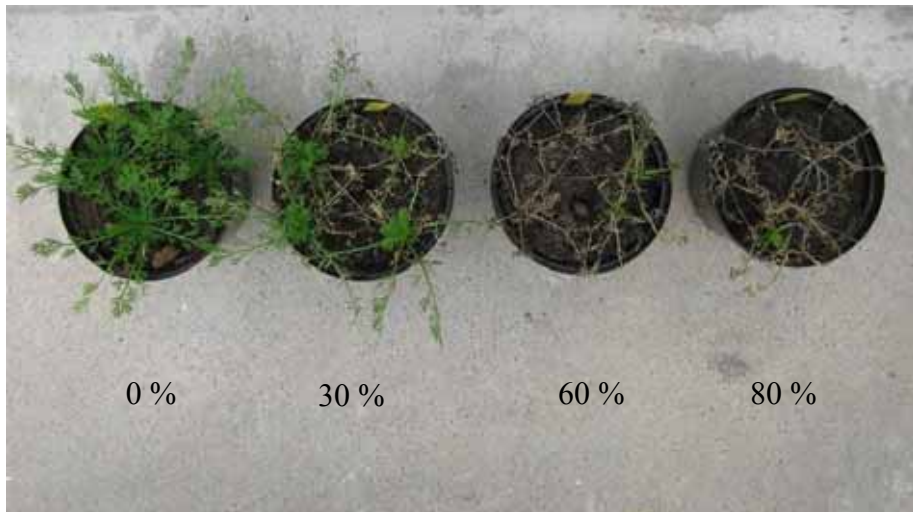
Kaikki käsitellyt, paitsi 5- ja 10-prosenttinen mäntyöljy, vaikuttivat pihasaunioiden taimettumiseen ( $p < 0,05$  viiden viikon ikäisillä kasveilla).



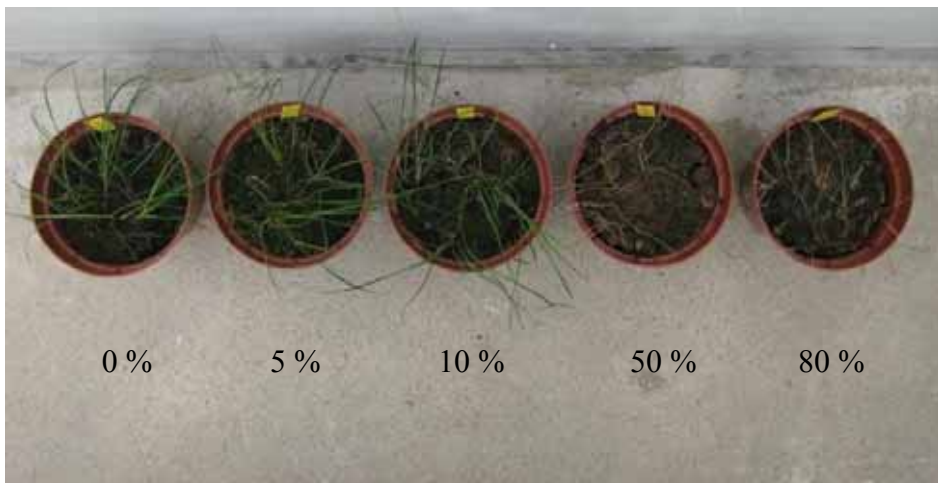
Kuva 7. Koekasvien kuolleisuus (%) etikkahapolla (12-prosenttinen), koivutisleellä (30-, 60- ja 80-prosenttinen) ja mäntyöljyllä (50- ja 80-prosenttinen) ruiskutetuissa astioissa.

Koivutisleellä parhaat tulokset saatiin 60- ja 80-prosenttisilla laimennoksilla, eikä suuria eroja näiden kahden laimennoksen välillä ilmennyt (Kuva 8). Koivutisle tehoi paremmin pihasaunioon kuin punanataan, ja sen vaikutus oli suurempi varhaisemmassa kehitysvaiheessa oleviin kasveihin. Myös etikkahapolla teho oli parempi nuorempiin kasveihin kuin vanhempiin ja teho pihasaunioon oli parempi kuin punanataan (Kuva 7). Mäntyöljy sen sijaan

tehosi paremmin punanataan kuin pihasaunioon. Paras torjuntatulos saatiin 50- ja 80-prosenttisilla laimennoksilla (Kuva 9). Myös mäntyöljy tehosi paremmin varhaisemmassa kehitysvaiheessa oleviin kasveihin.



Kuva 8. Vedellä sekä 30-, 60- ja 80-prosenttisella koivutisleellä ruiskutettuja viiden viikon ikäisiä pihasaunioita noin viikko käsittelyn jälkeen. (Kuvaaja: Tanja Lavonen)



Kuva 9. Vedellä ja mäntyöljypitoisuuksilla 5, 10, 50 ja 80 % ruiskutettuja viiden viikon ikäisiä punanatoja noin viikko käsittelyn jälkeen. (Kuvaaja: Tanja Lavonen)





Kuva 10. Vedellä ja 12-prosenttisella etikkahapolla ruiskutettuja viiden viikon ikäisiä pihasaunioita noin viikko käsittelyn jälkeen. (Kuvaaja: Tanja Lavonen)

Yhteenvetona voidaan todeta, että markkinoilla olevaan etikkahapovalmisteseen verrattava torjuntateho (Kuva 9) saavutettiin koivutisleellä käytettäessä 60- ja 80-prosentin pitoisuuksia. Myös mäntyöljy tehoi rikkakasveihin 50- ja 80-prosenttisina laimennoksina. Koivutisle ja etikkahappo tehosivat parhaiten kaksisirkkaiseen pihasaunioon, kun taas mäntyöljy tehoi parhaiten yksisirkkaiseen punanataan. Kaikilla torjunta-aineilla oli kuitenkin molempia kasvilajeja torjuva vaikutus. Kasvuvaiheella oli merkitystä torjunnan tehoon.

## Kenttäkokeiden tulokset

### Yksivuotiset siemenrikkakasvit

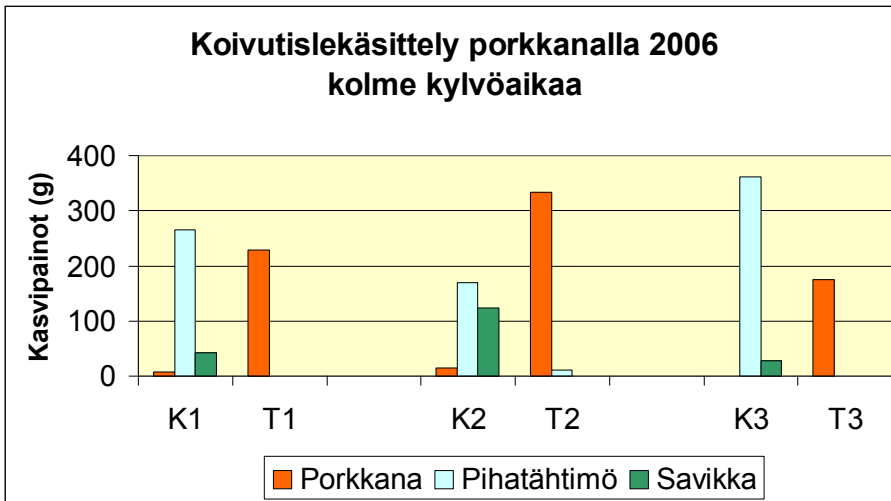
Avomaalla tehdyn porkkanakokeen tulos vahvisti kasvihuoneessa todetut tulokset. Yhdellä tislerruiskutuksella (100 %) voidaan torjua rikkakasvit (saviikka ja pihatähtimö) tehokkaasti, mutta tisle tappaa myös kaikki ruiskutus-hetkellä näkyvät porkkanat (Kuvat 11, 12 ja 13). Torjunta tulee siten tehdä ennen siemenkasvien taimettumista. Laimentamaton tisle voi myös vioittaa käsittelyn jälkeen taimettuvia porkkanoita eli kasvihuoneissa hyviksi todettuja käyttöväkevyysyksiä (40 %) ei kannata ylittää siemenkasvien rikkakasvitorjunnassa. Peruna kestää alustavien havaintokokeiden mukaan hyvin tislettä, joten sillä rikkakasvien torjunta voidaan tehdä taimettumisen jälkeenkin.



Kuva 11. Yksi ruiskutus koivutisleellä torjui rikkakasvit tehokkaasti ensimmäisissä havaintokokeissa, jotka tehtiin avomaalla. (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)



Kuva 12. Kesäkuussa rikkakasvit peittivät käsittelemättömät ruudut kokonaan. Tisleellä käsitellyssä ruudussa kasvoi vain porkkanaa sekä monivuotisia rikkakasveja. Tisle ei tehoa esimerkiksi juolavehnään lainkaan. (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)

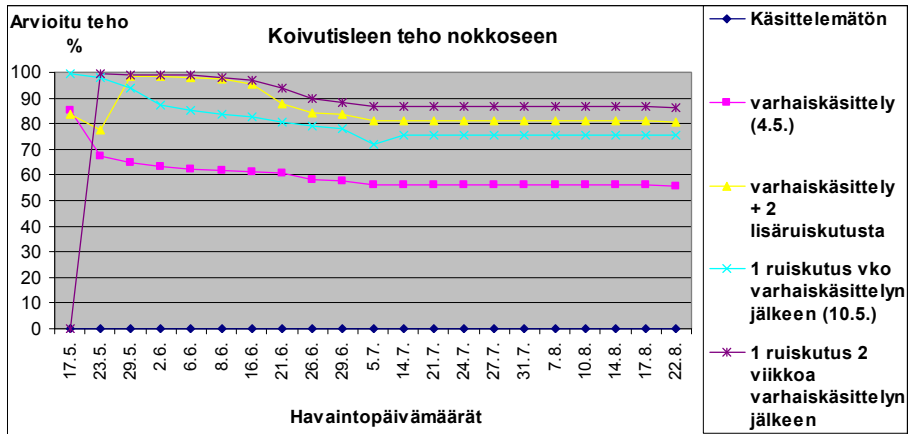


Kuva 13. Koivutisleen vaikutus rikkakasvien ja porkkanoiden painoon (näyteala 0,4 m x 0,25 m). K1, K2 ja K3 ovat käsittelemättömien ruutujen kasvien painoja, T1, T2 ja T3 ovat tisleellä käsiteltyjen ruutujen kasvien painot elokuun alussa. Numerot 1, 2 ja 3 ovat viikon välein tehtyjen kylvöjen järjestysnumeroita.

## Monivuotiset rikkakasvit

### Nokkonen

Tisle vähensi valkoherukan juurella kasvaneiden nokkosten määrää 60–90 prosenttisella teholla (Kuva 14), mutta ei poistanut koalueen nokkosongelmaa pysyvästi. Juurakoista kasvoi jatkuvasti uusia versoja, jotka syksyllä kattoivat uudelleen kasvuston alaosa (Kuvat 15 ja 16). Nokkosen torjunta tisleellä edellyttää usein toistettavaa torjuntaa, eikä siksi ole taloudellisesti kannattavaa kaupallisessa herukkaviljelyssä. Kotitarveviljelyssä tisleen käyttö voi olla osa nokkoston torjuntaa muihin torjuntakeinoihin yhdistettynä vaihtoehtona. Tisle ei vaikuttanut käytännössä herukoiden kasvuun, sillä herukoiden tyville osunut tisle ei vaikuttanut yläpuolella olevien lehtien tai versojen kasvuun.



Kuva 14. Aikaisin ruiskutetun tisleen teho (60 %) jäi muita käsittelyjä (75–90 %) huonommaksi, koska nokkonen kasvatti keväällä uusia lehtiä talvehtineen juurakon avulla.



Kuva 15. Nokkonen täytti nopeasti herukan ympärillä olleen kasvutilan jo toukokuussa (15.5.2006). (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)





Kuva 16. Ensimmäinen tislerruiskutus hävitti kevään nokkosversot tehokkaasti, muttei estänyt myöhempää versontaa. (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)

## Jättiputki

Katkaistuun putkeen kaadettu tisle torjuu jättiputken kasvun hyvin (Kuva 17). Teho on alustavien kokeiden mukaan parempi, jos käsittely tehdään juhanuksen jälkeen, jolloin juurakon vararavinnot ovat jo alentuneet kevään tasta.

Käytännössä torjuntaa joudutaan jatkamaan ainakin kahden vuoden ajan, koska maassa olevista siemenistä voi itää uusia kasveja. Tutkimuksemme toisessa osassa (ekotoksikologia) todettiin myös, että vuohenputki (*Aegopodium podagraria*) oli herkkä tisleelle, ja toipui käsittelystä muita testikasveja hitaammin.



Kuva 17. Katkaistun jättiputken varteen kaadettu koivutisle esti putken kasvun tehokkaasti. (Kuvaaja: Hanna-Maija Nikunen)

## Voikukka ja nurmikot

Nurmikoissa olevia voikukkia voidaan torjua yhdelläkin ruiskutuksella, mutta pysyvään kasvien hävittämiseen tarvitaan usein kaksi käsittelyä.

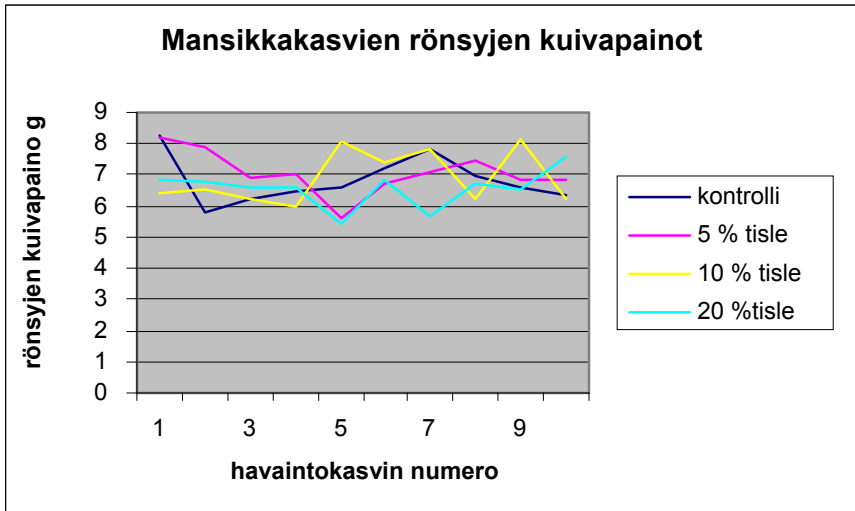
Tislettä voidaan käyttää myös nurmikoiden rajausaineena kohteissa, joissa ei haluta käyttää synteettisiä herbisidejä, äänekkäitä trimmereitä tai työlästä kitkentää (Kuva 18). Kaksi ruiskutusta kesässä (100-prosenttinen tisle) riittää leveälehtisten rikkakasvien torjuntaan. Juolavehneään ei tisleellä ole mitään vaikutusta, joten se valloittaa helposti sekakasvustossa vapautuvan elintilan.



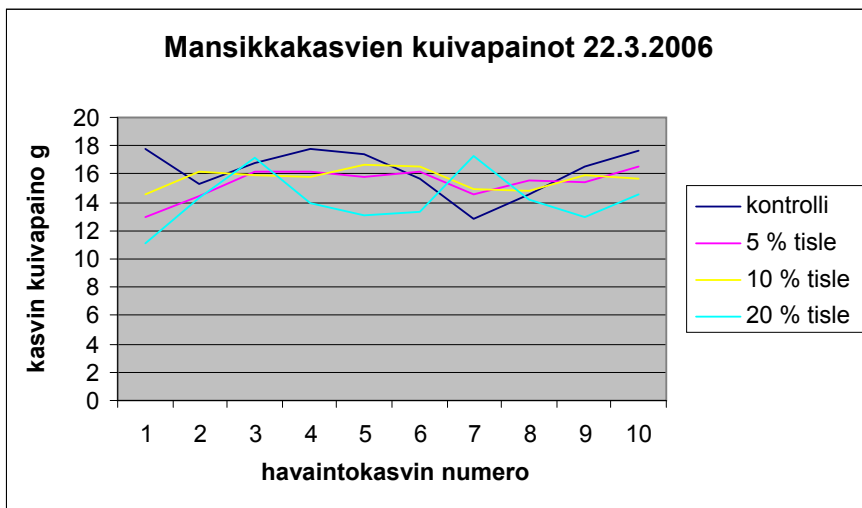
Kuva 18. Koivutisle sopii rakenteiden ja käytävien rajaukseen, mutta käyttöä voi rajoittaa sen tahraava ominaisuus. (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)

## Fytotoksisuus viljelykasveille

Kasvihuoneessa tehtyjen kokeiden tulokset osoittivat, että mansikka kestää hyvin suuriakin tislekonsentraatioita. Rönsyjen tai kasvien loppupainoissa ei ollut käsittelyjen välisiä eroja (Kuvat 19 ja 20).



Kuva 19. Tisleellä käsiteltyjen ja käsittelemättömien mansikoiden rönsytuotannossa ei ollut eroja. Taimet ruiskutettiin kolmella eri tisleväkevyydellä (5, 10 ja 20 %).



Kuva 20. Tisleellä (5–20 %) ei ollut vaikutusta ruukuissa kasvaneiden mansikoiden painoon.

Yhteenvetona voidaan todeta, että koivutisle on herbisidinä samankaltainen bitorjunta-aine kuin neilikkaöljystä USA:ssa kehitetty valmiste, jonka kaupanimi on Matran® EC (<http://www.biconet.com/lawn/matran.html>). Molemmat öljyt ovat kosketusvaikuttaisia aineita, jotka sopivat leveälehtisten rikkakasvien torjuntaan. Täydellinen torjuntateho saavutetaan pitoisuuksilla 30–50-prosenttia. Tuloksemme oli hyvin samankaltainen kuin neilikkaöljyllä saatu annosvastetus (Tworkoski 2002, Boyd & Brennen 2006).

Ruiskutusten ajoitus vaikuttaa olennaisesti torjuntatehoon, koska tisle ei vaikuta mitenkään käsittelyn jälkeen taimettuviin rikkakasveihin. Tisleiden käytökelpoisuuden parantamiseksi on tärkeää kehittää uutta teknologiaa, joka sopii öljymäisten aineiden levitykseen ilman vettä tai muita kantoaineita. Uudella, luonnon aineisiin perustuvalla teknologialla on tarvetta erityisesti LUOMU-tuotannossa, viheralueiden kasvinsuojelussa sekä torjuntakohteissa, joissa synteettisten kemikaalien haittavaikutuksia ei sallita. Kokemuksemme perusteella on mahdollista arvioida, että tarvittava teknologia voidaan kehittää muutamassa vuodessa, mutta luonnon aineiden rekisteröinnin kehitystä Euroopassa on vaikeampi ennustaa. USA:ssa rekisteröinti on ollut helpompaa ja em. neilikkaöljy on hyväksytty myös orgaanisen viljelyn herbisidiksi (<http://www.biconet.com/lawn/matran.html>).

## Kirjallisuus

Boyd, N.S. & Brennen, E.B. 2006. Burning Nettle, Common Purslane and Rye Response to a Clove Oil Herbicide. *Weed Technology* 20: 646–650.

Comis, D. 2002. Spray weed with Vinegard. *USDA News & Events*. Päivitetty: 6.3.2008, Saatavissa internetissä: <http://www.ars.usda.gov/is/pr/2002/020515.htm>.

Sahraikoski, J. 2008. Koivutisle torjunta-aineena: soveltuvuus nokkosen (*Urtica dioica*) torjuntaan herukkaviljelmillä. Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäyte. Hämeen ammattikorkeakoulu. 41 s. Saatavissa internetissä: [https://portal.mtt.fi/pls/mttdocspub/docs/F1874875854/KOIVUTISLE\\_20TORJUNTA-AINEE-NA\\_20SOVELTUVUUS\\_20NOKKOSEN\\_20TORJUNTAAN\\_20HERUKKA\\_VILJELM\\_E4LL\\_E4%5B1%5D.PDF](https://portal.mtt.fi/pls/mttdocspub/docs/F1874875854/KOIVUTISLE_20TORJUNTA-AINEE-NA_20SOVELTUVUUS_20NOKKOSEN_20TORJUNTAAN_20HERUKKA_VILJELM_E4LL_E4%5B1%5D.PDF).

Tworkoski, T. 2002. Herbicide effects of essential oils. *Weed Science* 50: 425–431.



# Koivutisleen teho kasvitautien ja sammalen torjunnassa

Kari Tiilikkala<sup>1)</sup>, Asko Hannukkala<sup>1)</sup>, Katriina Lipponen<sup>3)</sup>,  
Risto Tahvonen<sup>2)</sup> ja Ilkka Lalli<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Rillitie 1, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

<sup>2)</sup>MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö, etunimi.sukunimi@mtt.fi

<sup>3)</sup>Metsäntutkimuslaitos (Metla), Vantaan toimintayksikkö, Jokiniemenkuja 1, 01370 Vantaa, etunimi.sukunimi@metla.fi

## Tiivistelmä

Koivutisle on grillihiilituotannon sivutuote, jonka käyttö kasvinsuojelussa on varsin uusi innovaatio. Tisleessä on paljon fenoleja, jotka ovat olennainen osa kasvavan koivun biokemiallista puolustusjärjestelmää. Fenolit ehkäisevät tuholaisten ja kasvitautien sekä lahottajien vaikutuksia. Samojen aineiden oletettiin tässä tutkimuksessa toimivan myös tehokkaina fungisideina. Tavoitteena oli saada alustavaa tietoa tisleen tehosta ja käyttökelpoisuudesta kasvinsuojelussa sekä selvittää erityisesti sen vaikutukset kasvitautien, lahottajien ja sammalen torjunnassa.

Ravintoalustalla väkevät koivutisleet (100 %, 50 %, 25 %) pysäyttivät perunaruton kasvun lähes kokonaan, mutta 10-prosenttinen liuos ei vaikuttanut taudinaiheuttajien kasvuun. Irrallisilla perunanlehdillä koivutisleet estivät lähes täydellisesti perunaruton infektion ja kasvun. Näissä olosuhteissa jo 1-prosenttinen liuos riitti torjumaan perunaruton. Kasvihuonetesteissä, joissa käytettiin kokonaisia kasveja, koivutisleet tehosivat hyvin; 1- ja 3-prosenttisillä ruiskutusliuoksilla käsitellyissä kasveissa ruton tuhoama lehtiala oli alle 3 %. 10-prosenttinen liuos torjui ruton jokseenkin täydellisesti. Koivutisle estää matalina pitoisuuksina perunaruton kasvua vain joutuessaan välittömään kosketukseen itiöiden tai rihmaston kanssa. Haihtumiseen perustuva, laajavaikutteisempi teho saadaan vain hyvin suurilla pitoisuuksilla. Vuoden 2005 kenttäkokeessa koivutisleet hidastivat ruton etenemistä, mutta eivät estäneet sitä perinteisen fungisidin tavoin. 10-prosenttinen liuos hidasti perunaruton alkamista vajaalla viikolla, mutta sen jälkeen tauti eteni yhtä nopeasti kuin käsittelemättömässä kasvustossa.

Lahottajasienet *Cylindrobasidium evolvens*, *Libertella* sp, *Stereum hirsutum* ja *Chondrostereum purpureum* eivät kasvaneet lainkaan maljoissa, joissa oli 10 tai 30 % tislettä. Maljakokeen alustava tulos vahvistui myös kenttäkokeessa, jossa tisle esti lahottajien kasvun koivun katkaisupinnoilla koko kesän ajan. Sammalen torjunta tiilikatolta onnistui hyvin yhdellä tisleeriuiskutuksella, joka tehtiin MTT:n kehittämällä laitteistolla.

---

*Avainsanat: koivutisle, kasvinsuojelu, biologinen torjunta, kasvitaudit, lahottajasienet, sienitaudit, perunarutto, Phytophthora infestans, sammalet, fungisidit, biosidit*

---

# Anti-fungal and anti-microbial effect of birch tar oil (BTO)

Kari Tiilikkala<sup>1)</sup>, Asko Hannukkala<sup>1)</sup>, Katriina Lipponen<sup>3)</sup>,  
Risto Tahvonen<sup>2)</sup> and Ilkka Lalli<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Rillitie 1, FI-31600 Jokioinen, Finland, [firstname.lastname@mtt.fi](mailto:firstname.lastname@mtt.fi)

<sup>2)</sup>MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Toivonlinnantie 518, FI-21500 Piikkiö, Finland, [firstname.lastname@mtt.fi](mailto:firstname.lastname@mtt.fi)

<sup>3)</sup>Metla Finnish Forest Research Institute, Jokiniemenkuja 1, FI-01370 Vantaa, Finland, [firstname.lastname@metla.fi](mailto:firstname.lastname@metla.fi)

## Abstract

Birch tar oil (BTO), produced as by-product of the slow pyrolysis of birch wood and bark, is a phenol-rich liquid. The use of BTO as a fungicide is a new approach, in the development of novel plant protection products. In this study, potato late blight (*Phytophthora infestans*) and wood-rotting fungi (*Cylindrobasidium evolvens*, *Libertella* sp., *Stereum hirsutum* and *Chondrostereum purpureum*) were used as target pathogens to assess the anti-fungal and anti-microbial effects of BTO. BTO was also assessed for the control of moss covering roof tiles.

Results from our laboratory tests demonstrated that BTO is an effective fungicide and anti-rot agent. In greenhouse studies, BTO inhibited the infection and growth of *Phytophthora infestans* in potato. However, results from the field study suggest that under heavy disease pressure the effect of BTO treatment of potato was not equally good as that of a synthetic fungicide (mancozeb). BTO inhibited the growth of wood-rotting fungi in Petri dishes as well as on the cut surfaces of birch trees. This indicates that BTO has the potential to be used as horticultural grafting wax. Furthermore, preliminary results also highlighted the efficiency of BTO as an agent for cleaning moss from roof tiles and paved areas. However, new technologies for the application of pyrolysis oils are needed before the potential of BTO can be broadly implemented as a novel, bio-rational fungicide.

---

*Key words: birch tar oil, pyrolysis oil, biological control, fungicide, moss control, wood-rot, potato late blight, Phytophthora infestans*

---

## Johdanto

Kasviöljyjen käyttö ja vaikutukset tautien torjuntaan on tunnettu tuhansien vuosien ajan ja öljyjä sekä tervoja on hyödynnetty eläinten ja ihmisten hoidossa monella tavalla. Koivu on ollut yksi esimerkkikasvi, josta on saatu mm. haavojen hoitoaineita ja iholääkkeitä. Luontaistuotekaupoissa on edelleen suuri määrä erilaisia koivupohjaisia hoitoaineita ja rohtoja (esim. <http://www.newdirectionsaromatics.ca/birch-tar-essential-oil-p-187.html>).

Tunnetut tehot perustuvat monien aineiden yhteisvaikutukseen, mutta fenolisten yhdisteiden merkitys tunnetaan parhaiten. Ne vähentävät tehokkaasti monien mikrobin ja sienten kasvua (Mourant ym. 2007) ja ohjaavat viljelykasvien itsepuolustusjärjestelmien käynnistymistä tauteja ja tuholaisia vastaan. Fenolit ovat myös tärkeä osa koivun omaa, luontaista torjuntajärjestelmää, jolla kasvi puolustautuu tuholaisia sekä kasvitauteja vastaan (Keinänen 1998).

Pyrolyysissä monet koivun fenolit saadaan tehokkaasti talteen ja niitä voi syntyä lisää ligniinin ja monen muun aineen kaasuuntuessa. Noin 1/3 koivutisleen ainesosista kuuluu fenoleihin, joita voi olla kymmeniä, jopa satoja erilaisia (Oasmaa ym. 2003, Nakai ym. 2007). Koivutisleen koostumus tunnetaan vielä huonosti. Mänty on ollut tervatuotannon pääraaka-aineita, ja havupuutervojen kemiallinen koostumus tunnetaan paremmin kuin lehtipuutervojen.

Koivutisleen tehosta kasvinsuojeluaineena on hyvin vähän julkaistua tietoa, koska ainetta ei muualla ole, eikä sen kasvinsuojelukäyttöä ole oivallettu. Monista muista eri kasveista puristettujen ja tislattujen öljyjen teho mm. vihannesten ja perunan varastotautien torjunnassa on osoitettu hyväksi (Plotto ym. 2003, Bång 2007). Suomessa kasviperäisillä mm. kuminasta ja tillistä puristetuilla öljyillä on onnistuttu torjumaan kasvitauteja hallituissa olosuhteissa. Torjuntateho näyttää liittyvän pikemminkin erilaisiin öljyjen epäpuhauksina esiintyviin fenoleihin kuin helposti haihtuviin karvonyhdisteisiin (Keskitalo ym. 2001).

Tämän hankkeen alussa tehty markkinatutkimus osoitti, että esimerkiksi biologiselle perunarutontorjunta-aineelle olisi laajat markkinat. Ainoat varteenotettavat luonnonmukaiseen viljelyyn aiemmin hyväksytyt valmisteet, kupari, rikki ja näiden seos Bordeaux-liuos, on 2000-luvulla kielletty useimmissa EU-maissa ja lähivuosina ne tultaneen kieltämään koko EU-alueella. Luonnonmukaisesti viljeltyjen tuotteiden kysynnän kasvu ja suurten elintarviketekyjien kriittinen suhtautuminen kemiallisten torjunta-aineiden käyttöön Euroopassa lisää vaihtoehtoisten torjunta-aineiden markkinapotentiaalia.

Sammalet, jotka peittävät kattoja, käytäviä tai nurmikoita, ovat yhteiskunnallisesti merkittävä esteettinen häiriö, jonka torjuntaan tarvittaisiin nykyistä pehmeämpiä keinoja. Markkinoilla on vain yksi sammalen torjuntaan hyväksytty synteettinen kemikaali (kinoklamiini), joka sekin luokitellaan ”erittäin myrkylliseksi vesieliöille” ([www.evira.fi](http://www.evira.fi)). Puistojen ja pihojen käytävät ovat alueita, joilla asukkaat mukaan lukien pienet lapset ja lemmikkieläimet liikkuvat. Lisäksi pintavedet johdetaan tehokkaasti viemäreihin ja vesiin, joten ympäristölle haitattomille ja luonnossa nopeasti hajoaville tuotteille olisi kysyntää.

Tämän tutkimusosan päätavoitteena oli selvittää koivutisleen tehoa perunaruton, sammalten sekä lahottajien torjunta-aineena. Tisleen käyttökelpoisuutta kokeiltiin myös omenapuiden leikkuupintojen hoitoaineena.

## Aineisto ja menetelmät

### Perunaruton torjunta

Koivutisleen (Charcoal Finland Oy:n tisle) tehoa perunaruton (*Phytophthora infestans*) torjunnassa tutkittiin laboratorio- ja kasvihuonekokeissa vuosina 2004–2005 ja kenttäkokeessa kesällä 2006. Esikokeissa selvitettiin, vaikuttaako koivutisle perunaruton aiheuttajan kasvuun ravintoalustalla tai taudin tartutuskykyyn elävissä perunan lehdissä. Ravintoalustana käytettiin perunaruton kasvulle otollista ruispuurosta tehtyä agarhyytelöä.

Ravintoalustoilla tutkittiin, pystyykö koivutisle eri väkevyyksinä estämään tai hidastamaan perunaruton kasvua. Ravintoalustoille laitettiin pareittain perunaruton rihmastoja ja 2 cm etäisyydelle halkaisijaltaan 1 cm suodatinpaperikiekkoon, johon imeytettiin 20 µl koivutisleitä (väkevyydet 100 %, 50 %, 25 % ja 10 %). Koivutisleiden vaikutusta verrattiin suodatinpaperikiekkoon, johon imeytettiin 20 µl puhdasta steriiliä vettä. Perunaruton annettiin kasvaa +18 °C:n lämpötilassa 14 vrk, jonka jälkeen mitattiin, miten eri koivutislepitoisuudet olivat hidastaneet taudinaiheuttajan kasvua.

Koivutisleiden kykyä estää tai vähentää perunaruttotartunnan ankaruutta tutkittiin myös elävissä perunan lehdissä (lajikkeena oli hyvin rutonarka Bintje). Perunan lehdet, joissa oli 5 täysikasvuista lehdykkää, laitettiin märän suodatinpaperin päälle Petri-maljoihin. Lehdet sumutettiin ensin koivutisleliuoksilla (väkevyydet 1, 3 ja 10 %) ja 8 tunnin kuluttua lehtiin sumutettiin perunaruton itiöliuosta. Sen jälkeen lehdet saivat olla kasvihuoneessa 90–100 % ilmankosteudessa ja +15 °C:n lämpötilassa. Tartutuksen jälkeen perunaruton aiheuttamat vauriot arvioitiin silmävaraisesti päivittäin 7 vrk ajan %-osuutena lehtien pinta-alasta.

Koivutisleiden tehoa perunaruttoa vastaan tutkittiin myös kahdessa kasvi-huonekokeessa, joissa testikasveihin levitettiin perunaruton itiöliuosta koivutislekäsittelyjen jälkeen. Ensimmäisessä kokeessa lajikkeina olivat erittäin rutonarka Bintje ja suhteellisen rutonkestävä Matilda, toisessa vain Bintje. Testikasveja kasvatettiin kasvihuoneessa noin 5 viikkoa.

Koivutisleliuosta sumutettiin 30 ml/kasvi käsisumuttimella. Koivutisleen ruiskutusväkevyydet olivat 1, 3 ja 10 %. Toisessa kokeessa oli lisäksi mukana 5-prosenttinen käyttöväkevyys. Kuuden tunnin kuluttua tislekäsittelystä kasveihin sumutettiin steriiliin veteen sekoitettuna (20 ml/kasvi) perunan lehdissä kasvatettuja perunaruton pesäkeitiöitä noin 200 000 kpl/kasvi.

Koivutisle- ja ruttokäsittelyjen jälkeen kasvit pidettiin keinovalottomassa kasvihuoneessa 24 tunnin ajan 100 % suhteellisessa ilmankosteudessa ja 18 °C lämpötilassa. Sen jälkeen ilman suhteellinen kosteus laskettiin vuorokaudeksi noin 90 %:iin. Kolmannesta käsittelyjen jälkeisestä aamusta eteenpäin kasvit saivat keinovaloa 12 tuntia vuorokaudessa klo 7 ja 19 välillä. Samalla ilman suhteellinen kosteus säädettiin vaihtelevaan ilmankostuttimen avulla 80–100 %:n välillä. Ilmankostutin pidettiin käynnissä kunnes 100 % kosteus oli saavutettu ja käynnistettiin uudelleen, kun kosteus oli laskenut 80 % tasolle.

Perunaruton vioittama % -osuus lehtien pinta-alasta arvioitiin silmävaraisesti jokaisesta kasvista neljännessä koepäivästä alkaen. Lisäksi laskettiin ruttolaikkujen lukumäärä kahdesta pääverson ylimmästä täysikasvuisesta lehdestä (lehtitaso 3-4 tyveltä laskettuna). Vioitusten määrä ja ankaruus arvioitiin päivittäin 10 vrk ajan ruttotartutuksen jälkeen.

Koivutisleiden torjuntatehoa perunaruttoa vastaan tutkittiin pelto-olosuhteissa Jokioisissa vuosina 2005 ja 2006, koska niiden torjuntateho laboratorio- ja kasvihuoneoloissa näytti hyvin lupaavalta. Vuonna 2005 rutontorjuntaan käytettiin 5- ja 10-prosenttista koivutislettä, vuonna 2006 vain 10-prosenttista. Perunaruton leviämistä koivutisleillä käsitellyissä kasvustoissa verrattiin taudin etenemiseen täysin käsittelemättömässä ja mankotsebi-valmisteella (Dithane NT) käsitellyssä kasvustoissa.

Kenttäkokeet toteutettiin kasvinsuojeluaineiden tehokkuuden käyttökelpoisuuden testauksissa noudatettavien kansainvälisten GEP-laatustandardien mukaisesti

(<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/www/Tutkimus/Kasvit/Kasvinsuojelu/Torjunta-aineet%20ja%20tiedonsiirto>). Vuonna 2005 seitsemän vrk:n välein tehdyt ruiskutukset aloitettiin 11.7. ja lopetettiin 16.8. Yhteensä tehtiin viisi käsittelyä. Vuonna 2006 ruiskutukset aloitettiin 19.7. ja lopetettiin 23.8. Kuuman ja kuivan sään takia ruiskutuksia tehtiin vain kolme.

Perunaruton vioittama % -osuus kasvuston lehtien pinta-alasta arvioitiin silmävaraisesti kolme kertaa viikossa heinäkuun alusta kokeiden nostoon asti, jotta eri torjuntakäsittelyjen vaikutusta perunaruton tuhoisuuteen ja leviämiseen voitaisiin verrata. Kuukausi noston jälkeen sato lajiteltiin kokoluokkiin <35, 35-55, 55-75 ja >75 mm ja punnittiin. Mukularuton määrä sadossa arvioitiin kappale- ja painoprosenteina kahden kuukauden kuluttua nostosta.

## Lahottajasienten torjunta

Koivutisleen vaikutusta lahottajasienten kasvuun tutkittiin metsätutkimuslaitoksen (Metla) laboratoriossa Tikkurilassa. Koe tehtiin ns. maljakokeena, jossa alustana oli 1-prosenttinen mallasagar. Tisle sekoitettiin agaralustoihin siten, että 10 tai 30 prosenttia vedestä korvattiin koivutisleellä. Koivutisle lisättiin kasvualustaan autoklavoinnin jälkeen. Kokeessa käytettiin kolmea sienilajia: *Cylindrobasidium evolvens*, *Libertella sp.*, *Stereum hirsutum* ja *Chondrostereum purpureum*. Jokaisesta sienilajista oli kolme eri kantaa, ja toistoja oli kolme.

Alustavat kenttäkokeet tehtiin Lestijärvellä kesällä 2007. Koivurangat kaadettiin ja katkottiin (1 m pituus) 11. toukokuuta. Katkaisupäät kastettiin tisleastiaan, jossa oli 2-3 cm:n kerros tissetä. Puut pinottiin päällekkäin siten, että käsitellyt ja niiden käsittelemättömät verranteet (samaa puuta) olivat vierekkäin. Ensimmäiset näytepuut otettiin 23. lokakuuta ja puiden päät kuvattiin.

Omenan oksanhoitokoe tehtiin Jokioisilla omatarveviljelmällä, jossa puun oksat sahattiin ja penslattiin koivutisleellä 9. huhtikuuta. Tisleen vaikutusta leikkauspintojen sekä niiden lähellä olleiden lehtien kehitykseen seurattiin viikoittain koko kasvukauden ajan. Leikkauspinnat kuvattiin 1. syyskuuta.

## Sammalten torjunta

Pihalaatituksen sammaltorjuntaa kokeiltiin Jokioisissa kesällä 2006. Tisle ruiskutettiin paineruiskutuksella (Hardi) laattojen välissä olleisiin saumoihin, joissa kasvoi sammalta sekä monia rikkakasveja. Ruiskutuksen tehoa seurattiin kerran viikossa tehdyssä tarkastuksessa sekä kuvaamalla käsiteltyjen ja käsittelemättömien saumojen sammalkasvu.

Tiilikaton sammaltorjuntaa kokeiltiin Piikkiössä syyskuussa 2007. Testattava aine oli Charcoal Finland Oy:n koivutisle, joka suihkutettiin kattotiilien saumoissa olleisiin sammaliiniin MTT:n kehittämällä erikoislaitteella (Kuva 1). Tisleen tehoa seurattiin päivittäin ja tulos kuvattiin kahden kuukauden kuluttua käsittelystä.

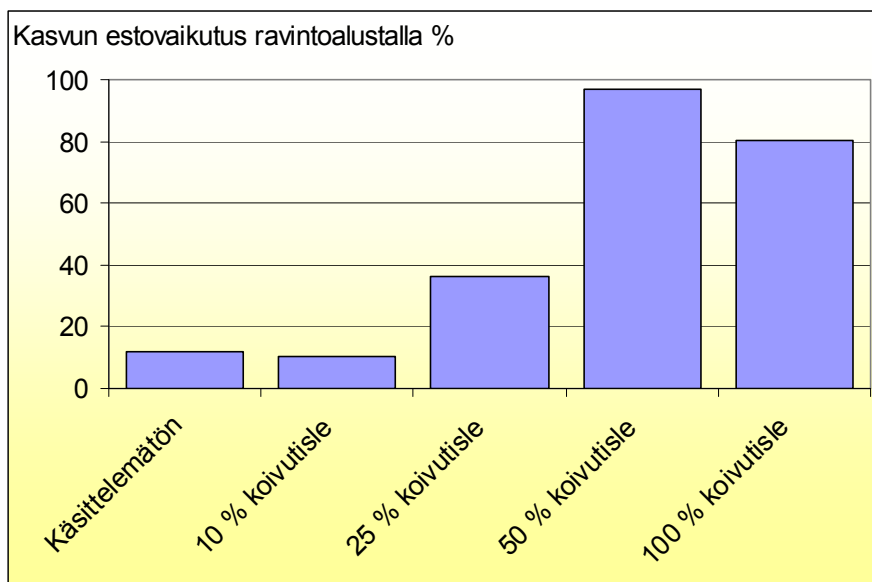


Kuva 1. Sammalen torjuntakokeessa tisle ruiskutettiin MTT:n kehittämällä laitteella, jolla torjunta-aineet saatiin tiilien välissä ja alla olevien sammalkasvustojen sisälle. (Kuvaaja: Risto Tahvonen)

# Tulokset ja tulosten tarkastelu

## Perunarutto

Väkevät koivutisleet pysäyttivät perunaruton aiheuttajan kasvun ravintoalustalla lähes kokonaan, mutta 10-prosenttinen liuos ei vaikuttanut taudinaiheuttajan kasvuun (Kuva 2). Perunan lehdillä tehdyissä testeissä väkevimmat liuokset aiheuttivat vakavia polttovioituksia, eikä 10-prosenttista vahvempaa liuosta voitu käyttää lehtitesteissä.

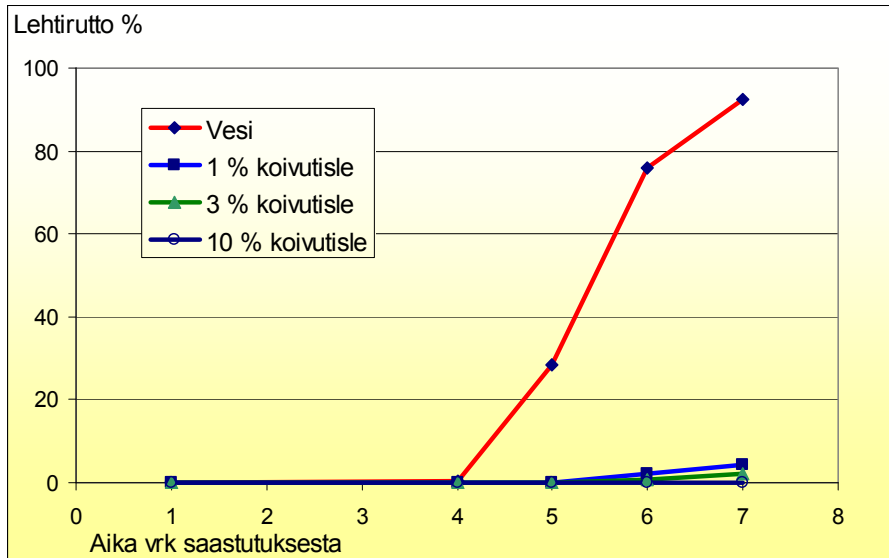


Kuva 2. Väkevydeltään erilaisten koivutisleiden estovaikutus perunaruton kasvuun hyytelömäisellä ravintoalustalla.

Koivutisleet estivät lähes täydellisesti perunaruttotartunnan ja taudin etenemisen irrallisilla perunalehdillä. Näissä olosuhteissa jo 1-prosenttinen liuos riitti torjumaan perunaruton. 10-prosenttinen liuos aiheutti irrallisissa lehdissä lieviä polttovioituksia, mutta laimeimmat liuokset eivät vioittaneet perunaa (Kuva 3).

Testeissä osoitettiin, että koivutisle estää matalina pitoisuuksina perunaruton kasvua vain joutuessaan välittömään kosketukseen itiöiden tai rihmaston kanssa (Kuva 4). Haihtumiseen perustuva, laajavaikutteisempi teho saadaan vain hyvin suurilla pitoisuuksilla.



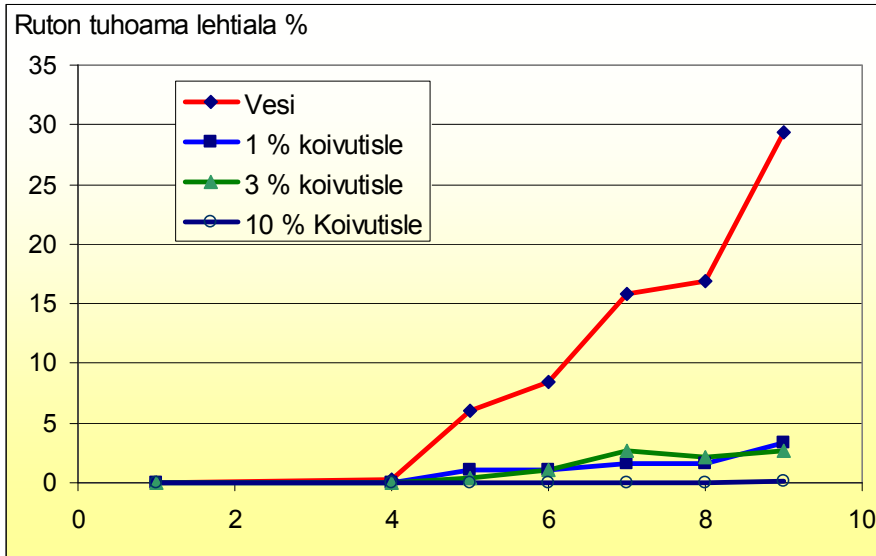


Kuva 3. Koivutisleiden vaikutus perunaruttotartuntaan ja taudin etenemiseen irrallisissa perunanlehdissä.



Kuva 4. Koivutisle (oikealla, 3 %) esti parhaimmillaan kokonaan perunaruttotartunnan perunan lehdissä. (Kuvaaja: Asko Hannukkala)

Kasvihuonetesteissä (kokonaisilla kasveilla) koivutisleet tehosivat sängen hyvin perunaruttoon. Ruton tuhoama lehtiala oli alle 3 % 1- ja 3-prosenttisillä ruiskutteilla käsitellyissä kasveissa (Kuva 5). 10-prosenttinen liuos torjui ruton jokseenkin täydellisesti. Pelkällä vedellä käsitellyissä kasveissa rutto tuhosi noin kolmasosan lehtien pinta-alasta.

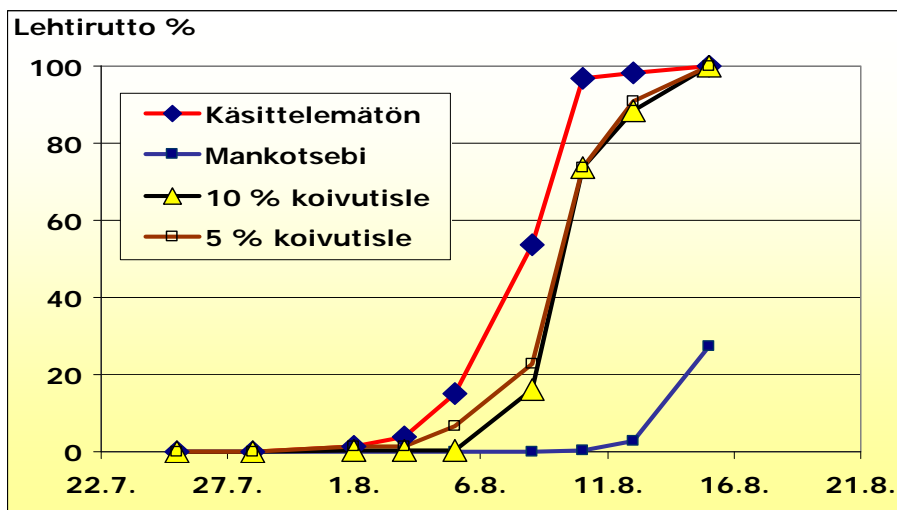


Kuva 5. Koivutisleet estivät perunaruttotartunnan tai hidastivat merkittävästi taudin etenemistä kokonaisissa kasveissa kasvihuoneessa. Kaaviossa on keskiarvo kahdesta astiakokeesta, joista toisessa oli mukana kaksi lajiketta.

Vuoden 2005 kenttäkokeessa koivutisleet hidastivat ruton etenemistä, mutta eivät estäneet sitä perinteisen kemiallisen kasvinsuojeluaineen tavoin. 10-prosenttinen liuos hidasti perunaruton alkamista vajaalla viikolla, mutta sen jälkeen tauti eteni yhtä nopeasti kuin käsittelemättömässä kasvustossa. Vuonna 2006 lehtirutto ilmaantui kuivan kesän takia kokeen käsittelemättömiinkin ruutuihin vasta muutama päivä ennen nostoa, eikä käsittelyjen välille saatu eroja.

Koivutisleet eivät lisänneet mukulasatoa verrattuna käsittelemättömään koejäseneen kumpanakaan koevuonna. Mukularuttoa oli koivutisleillä käsitellyissä ruuduissa yhtä paljon kuin käsittelemättömissä.

Vaikka koivutisleet tehosivat perunaruttoon erinomaisen hyvin kasvihuoneessa, pelto-oloissa niiden teho oli vaatimaton (Kuva 6). Kasvihuoneessa kasvit käsiteltiin käsiruiskulla, jolloin koivutisle saatiin levitettyä tasaisesti kaikkialle kasviin. Niinpä kasveihin levitetty ruton itiöt joutuivat heti kosketuksiin tisleen kanssa ja kuolivat. Hyväkuntoisen kasvinsuojeluruiskun viuhkasuuttimilla torjunta-aineen peittoaste lehtien yläpinnalla on parhaimmillaan vain 20 % lehden alasta (Lavonen ym. 2002). Tämä peittoaste ei todennäköisesti ollut riittävä täysin kosketusvaikutteiselle koivutisleelle. Mahdollisesti myös seitsemän vuorokauden ruiskutusväli oli liian pitkä ainakin vuoden 2005 ankarassa ruttopaineessa. Tällöin ruttovaara mustutti Euroopan pahimpien seutujen olosuhteita, joissa mankotsebia neuvotaan ruiskuttamaan kolmen päivän välein (Evenhuis ym. 2006).



Kuva 6. Koivutisleiden teho lehtiruttoon vuoden 2005 kenttäkokeessa Jokioisilla.

## Lahottajat

Lahottaj sienet: *Cylindrobasidium evolvens*, *Libertella sp*, *Stereum hirsutum* ja *Chondrostereum purpureum* eivät kasvaneet lainkaan maljoissa, joiden agaralustoissa oli 10- tai 30-prosenttia tislettä. Annosvasteen raja-arvot pitää tutkia erikseen, sillä muilla kasviöljyillä on saatu täydellinen teho, kun käytetään 500 ppm väkevyyksiä (Jobling 2000).

Maljakokeen alustava tulos vahvistui myös kenttäkokeessa, jossa tisle esti lahottajien kasvun koivun katkaisupinnoilla (Kuva 7). Käsitlemättömien pintojen sienikasvu oli helppo nähdä (Kuva 8).



Kuva 7. Koivun katkaisupinta kastettiin koivutisleeseen toukokuussa ja sienien kasvu tarkastettiin syyskuussa (kuvaus). (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)



Kuva 8. Lahottajasienten kasvua oli nähtävissä vain käsittelemättömillä leikkuupinnoilla. (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)

Koivutisleen sively omenapuun katkaistuun oksaan suoja- ja katkaisupinnan eikä vaikuttanut lehtien kasvuun (Kuva 9). On todennäköistä, että koivutisleestä ja -tervasta voidaan kehittää leikkauspintoja suojaavia valmisteita.



Kuva 9. Omenapuun leikkuupinta on kuvattu syyskuussa kasvukauden lopulla. Koivutisle suoja- ja katkaisupinnan eikä häirinyt lehtien kasvua. (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)

Sammalen torjunta tiilikatolta onnistui hyvin yhdellä käsittelyllä, joka tehtiin MTT:n kehittämällä laitteistolla (Kuva 10). Käsitelty katto oli puhdas vielä vuoden kuluttua käsittelystä.



Kuva 10. Painelaitteistolla levitetty koivutisle esti sammalen kasvun tehokkaasti. (Kuvaaja: Risto Tahvonen)

Alustavat tulokset osoittivat selvästi, että koivutisleestä ja -tervoista voidaan kehittää tehokkaitakin fungisidejä. Biologisten tuotteiden kaupallistaminen ja käyttö kasvinsuojelunaikiseksi Euroopassa edellyttää kuitenkin tehoaineen hyväksyntää EU:n direktiivien mukaisesti. Edessä on pitkä ja kallis prosessi. USA:ssa vastaavia tuotteita on jo hyväksytty (SPORAN EC) ja ne ovat myynnissä

(<http://www.ecosmart.com/UploadedFiles/TechnicalBulletins/rad5FA7311200522102723.pdf>). Tutkimuksellisesti suurimmat haasteet liittyvät öljymäisten aineiden levitysteknologian kehittämiseen ja tuotteistamiseen. Kokonaan tutkimatta jäi koivutisleen teho varastotautien biologisena torjunta-aineena, joille on suuri tarve (Jobling 2000).

Pyrolyysituotteiden käyttö lahontorjuntaan on ollut yleistä ja mm. USA:ssa kyllästysaineena markkinoitaville pyrolyysituotteille on haettu jo panttisuojaa (<http://www.patentstorm.us/patents/6485841-description.html>). Vastaavasti myös Suomessa olisi hyvät mahdollisuudet käynnistää tuotekehitys, jolla koivun suoja-aineet siirrettäisiin puumateriaalien pinnoitteisiin ja kyllästysaineiksi sekä siten monien haitallisten kemikaalien korvaajiksi.

## Kirjallisuus

- Bång, U. 2007. Screening of Natural Plant Volatiles to Control the Potato (*Solanum tuberosum*) Pathogens *Helminthosporium solani*, *Fusarium solani*, *Phoma foveata* and *Rhizoctonia solani*. Potato Research 50: 185–203.
- Evenhuis, A., Spits, H.G. & Schepers, H. 2006. Efficacy of fungicidal protection of newly developing potato leaves against *Phytophthora infestans*. Crop Protection 25(6): 562–568.
- Jobling, J. 2000. Essential Oils: A new idea for postharvest disease control. Good Fruit and Vegetables Magazine 11(3): 50. Päivitetty: 11.3.2008. Saatavissa internetissä: [http://www.postharvest.com.au/GFV\\_oils.PDF](http://www.postharvest.com.au/GFV_oils.PDF).
- Keinänen, M. 1998. Phenolic Variation in Birch Leaves: implications for chemical ecology and systematics. Väitöskirja, Joensuun yliopisto.
- Keskitalo, M., Hannukkala, A. & Paajanen, L. 2001. Kuminasta biologisesti tehokasta öljyä. Koetoiminta ja käytäntö 3: 8. Saatavissa internetissä: <http://www.mtt.fi/koetoiminta/pdf/mtt-kjak-v58n3s08a.pdf>.
- Lavonen, A., Suomi, P., Haapala, H. & Lehtinen, A. 2002. Ruiskutustekniikoiden parantaminen perunaruton torjunnassa. Teoksessa: Kurppa, A. & Segerstedt, M. (toim.). Uuden perunaruton epidemiologia ja kemiallinen torjunta. Maa- ja elintarviketalous 3. Jokioinen: MTT. s. 38–48.
- Mourant, D., Yang, D-Q. & Lu, X. 2007. Anti-Fungal Properties of the Pyroperities Liquors from the Pyrolysis of Softwood Bark. Wood and fiber Science 37(3): 542–548.
- Nakai, T., Kartal, S.N., Hata, T. & Imamura, Y. 2007. Chemical characterization of pyrolysis liquids of wood-based composites and evaluation of their bio-efficiency. Building and environment 42: 1236–1241.
- Oasmaa, A., Kuoppala, E. & Solantausta, Y. 2003. Fast pyrolysis of forestry Residue. 2. Physicochemical Composition of Product Liquid, Energy & Fuels 17: 433–443.
- Plotto, A., Roberts, D.D. & Roberts, R.G. 2003. Evaluation of plant essential oils as natural postharvest disease control of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Acta Horticulturae (ISHS) 628: 737–745. Saatavissa internetissä: [http://www.actahort.org/books/628/628\\_93.htm](http://www.actahort.org/books/628/628_93.htm).



# Koivutisleen vaikutus hyönteisiin ja punkkeihin

Isa Lindqvist<sup>1)</sup>, Bengt Lindqvist<sup>1)</sup>, Tuomo Tuovinen<sup>1)</sup>, Anne Nissinen<sup>1)</sup>,  
Seppo Korpela<sup>1)</sup>, Kari Tiilikkala<sup>1)</sup>, Kalle Hoppula<sup>2)</sup>, Sanna Kauppinen<sup>3)</sup>,  
Heikki Setälä<sup>4)</sup> ja Dionyssios Perdikis<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup>MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Rillitie 1, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

<sup>2)</sup>MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Kipinäntie 16, 88600 Sotkamo, etunimi.sukunimi@mtt.fi

<sup>3)</sup>MTT, (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Lönnrotinkatu 3, 50100 Mikkeli, etunimi.sukunimi@mtt.fi

<sup>4)</sup>Ympäristöekologian laitos, Helsingin yliopisto, Niemenkatu 73, 15140 Lahti, etunimi.sukunimi@mtt.fi

<sup>5)</sup>Agricultural University of Athens, Laboratory of Agricultural Zoology and Entomology, Iera Odos 75, 11855 Athens, Greece, dperdikis@ava.gr

## Tiivistelmä

Koivutisle on grillihiilen valmistuksessa syntyvä sivutuote, joka sisältää monenlaisia yhdisteitä. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli saada tietoa tisleen vaikutuksesta hyönteisiin ja punkkeihin sekä mahdollisuudesta käyttää sitä tuholaisten torjunta-aineena.

Hyönteisistä kirvat olivat kaikkein herkimpiä tisleen vaikutuksille. Neljän vuorokauden kuluttua tislerruiskutuksesta (1-prosenttinen liuos) lähes kaikki (95 %) persikkakirvat olivat kuolleet. Vielä 0,25-prosenttisella liuoksella saatiin 80 %:n teho ilman kasvivoitoksia toisin kuin vahvemmillä liuoksilla. Laboratoriossa maljoilla tehdyissä valintakokeissa porkkanakempit karttoivat 10-prosenttisellä tisleellä käsiteltyä porkkananlehteä. Häkkikokeessa kempit eivät munineet Splendid-lajikkeen porkkanoille, jotka oli käsitelty tisleellä. Vastaavaa tulosta ei saatu Parano-lajikkeella eikä kaalikärpäskokeissa, joissa 5-prosenttinen tisle ei estänyt kaalikärpäsiä munimasta kiinankaalin lehdille.

Tislerruiskutukset eivät tehonneet mansikka- eivätkä vihannespunkkeihin, mutta karkotteena tisle toimi hyvin. Laimentamaton tisle, haihdutettuna mansikkarivin ulkoreunoilla sijaitsevasta putkesta, vähensi mansikkapunkkien määrää 60 % käsittelemättömään verrattuna. Kenttäkokeissa selvitettiin myös tisleen vaikutusta mansikkamaalla esiintyviin mansikka- ja hilla-nälvikkäisiin sekä vattukärsäkkäisiin. Tisle ei tehonnut kuoriaisiin, mutta vähensi lakan kasvua. Tisle ei vähentänyt biologisina torjuntaeliöinä käytettyjen petopunkkien määrää eikä se vaikuttanut varroapunkkien kuolleisuuteen mehiläispeissä.

---

*Avainsanat: koivutisle, kasvinsuojelu, biologinen torjunta, insektisidit, karkotteet, hyönteiset, mansikkapunkki, vihannespunkki, petopunkit, varroapunkki, nälvikkät, vattukärsäkäs, porkkanakemppi, kaalikärpäset*

---

# The potential of botanical birch tar oil for insect pest control

Isa Lindqvist<sup>1)</sup>, Bengt Lindqvist<sup>1)</sup>, Tuomo Tuovinen<sup>1)</sup>, Anne Nissinen<sup>1)</sup>,  
Seppo Korpela<sup>1)</sup>, Kari Tiilikkala<sup>1)</sup>, Kalle Hoppula<sup>2)</sup>, Sanna Kauppinen<sup>3)</sup>,  
Heikki Setälä<sup>4)</sup> and Dionyssios Perdikis<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup>MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Rillitie 1, FI-31600 Jokioinen, Finland, [firstname.lastname@mtt.fi](mailto:firstname.lastname@mtt.fi)

<sup>2)</sup>MTT Agrifood Research Finland, Kipinäntie 16, FI-88600 Sotkamo, Finland, [firstname.lastname@mtt.fi](mailto:firstname.lastname@mtt.fi)

<sup>3)</sup>MTT Agrifood Research Finland, Lönnrotinkatu 3, FI-50100 Mikkeli, Finland, [firstname.lastname@mtt.fi](mailto:firstname.lastname@mtt.fi)

<sup>4)</sup>Department of Ecological and Environmental Sciences, University of Helsinki, Niemenkatu 73, FI-15140 Lahti, Finland, [firstname.lastname@helsinki.fi](mailto:firstname.lastname@helsinki.fi)

<sup>5)</sup>Agricultural University of Athens, Laboratory of Agricultural Zoology and Entomology, Iera Odos 75, 11855 Athens, Greece, [dperdikis@ava.gr](mailto:dperdikis@ava.gr)

## Abstract

EU pesticide policy demands reduced use of synthetic chemicals and development of alternative control techniques. Birch tar oil (BTO) is under investigation as a new botanically derived plant protection product, in particular, the effect of the oil as a molluscicide, herbicide and pest repellent. The aim of this preliminary study was to determine the efficacy of BTO as a miticide and insecticide as well as assess for repellent activity. BTO was tested in laboratory and field against aphids, mites, beetles, psyllids and flies. In addition, the impact of BTO volatiles on beneficial mites was observed in a field experiment.

Our results showed that one spray application with BTO (1% v/v aq. solution) killed 95% of aphids (*Mycus persicae*) on egg-plant in a green house experiment. At a reduced concentration of 0,25% (v/v), 80 % of the aphid population was controlled. Application of a 10% v/v aq. suspension to carrot leaves in a laboratory conducted choice bioassay resulted in a repellency effect against egg laying carrot psyllids (*Trioza apicalis*) but did not have any effect on egg laying flies (*Delia floralis*). Beetles (*Meligethes aeneus*, *Anthonomus rubi*, *Galerucella sagittariae*) and mites (*Phytonemus pallidus*, *Tetranychus urticae*) could not be controlled with the oil. Furthermore, BTO was also non-toxic to predatory mites (*Amblyseius*). It can be concluded that BTO may be a useful IPM tool if used as repellent of insects but more comprehensive experiments are needed. The oil may also affect the cuticle of soft-bodied insects such as aphids.

---

*Key words: birch tar oil, plant protection, biological control, repellent, insecticide, botanical oil, IPM*

---



## Johdanto

Integroidussa kasvinsuojelussa (IPM) joudutaan yhä useammin hakemaan tasapainoa ekologisen ja ekonomisen kestävyuden välillä. Yli kuusikymmentä vuotta synteettisten aineiden laajaan käyttöön perustunut torjuntateknologia on tullut vaiheeseen, jossa on pakko vähentää kemikaalien aiheuttamia haittavaikutuksia (haitat nisäkkäille, vesieliöille, luonnolle sekä torjuntaaineresistenssi). Tulevaisuudessa tarvitaan selvästi ympäristöystävällisempää torjuntateknologiaa (van Lenteren 2000), josta osa voi perustua kasvien tuottamien aineiden käyttöön. Botaaniset aineet hajoavat luonnossa nopeasti ja voivat korvata fossiiliseen öljyyn perustuvia kasviensuojeluaineita ilman pitkäaikaisia haittavaikutuksia luonnolle (Regnault-Roger 1997). Synteettisten kemikaalien rinnalla käytössä on jo pitkään ollut muutamia kasvipärisiä aineita, kuten nikotiini, pyretriini, ryania, sabadilla, rotenoni sekä suomalaisille tutut mäntysuovan vaikutuksiin perustuva yhdisteet (Mäkinen 2003). Kansainvälisillä markkinoilla on lisäksi Citrus-kasveista sekä eukalyptus- ja neem-puusta (*Azadirachta indica*) saatavia yhdisteitä. Myös monia aromaattisia kasveja, kukkia ja esim. *Chenopodium*- kasveja (Chiasson ym. 2004) on käytetty hyönteisten torjuntaan sopivien aineiden raaka-aineina. Kasveista saadaan monenlaisia hyönteistorjuntaan sopivia aineita, joista mm. alkaloidit ovat osoittautuneet tehokkaiksi insektisideiksi (Christov ym. 1997, Velcheva ym. 2001).

Kasvipärisien öljyjen ja uuteaineiden erotteluun kasvimassasta käytetään monia tekniikoita (Guenther 1972), mutta pyrolyysin systemaattinen käyttö kasvinsuojeluaineiden ja biosidien tuotannossa on ollut harvinaista. Koivusta saatavan tisleen käytöstä hyönteisten torjunta- tai karkoteaineena ei ole löytynyt julkaistua tietoa ennen tämän tutkimuksen käynnistymistä. Kasvipärisien aineiden tiedetään hajoavan nopeasti käytön jälkeen (Misra ym. 1996) ja ne voivat olla vaikutukseltaan laaja-alaisia, mutta silti turvallisia monille luonnossa esiintyville tuholaisten luontaisille vihollisille (Chiasson ym. 2004). Samat ominaisuudet on todettu myös koivutisleestä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa alustavaa tietoa koivutisleen sisältämien aineiden vaikutuksesta erilaisiin tuholaisiin sekä niiden luontaisiin vihollisiin. Tisleen vaikutusta tutkittiin myös varroapunkin karkotusaineena mehiläispesissä, mutta muuten tisleen ehkä tärkein vaikutus, tuholaisten karkottaminen, jäi jatkotutkimusten aiheeksi. Suurin osa hyönteistorjuntaan liittyneistä kokeista tehtiin muiden hankkeiden yhteydessä, koska ETKO-tutkimuksen pää tavoitteet liittyvät nilviäisten torjuntaan sekä tisleen ekotoksikologisten vaikutusten osoittamiseen.

# Aineisto ja menetelmät

## Laboratoriokokeet

Porkkanakemppien asettumista tisleellä käsitellyille ja käsittelemättömille porkkanan lehdille tutkittiin ensin valintakokeessa petrimaljoilla. Kokeessa käytettiin Parano-porkkanalajikkeen ensimmäisiä kasvulehtiä, joista puolet kastettiin 10 %:een tisleliuokseen. Tämän jälkeen lehtiruoti laitettiin vedellä täytettyyn 1,5 ml:n Eppendorf-putkeen, joka suljettiin parafilmillä. Tislekäsitelyn jälkeen lehtien annettiin haihtua vetokaapissa 2 h ennen kuin ne siirrettiin petrimaljoille (Ø 14,5 cm) valintakokeeseen, jossa vaihtoehtona oli käsittelemätön Paranon lehti. Kempit (5 kpl/malja) olivat Jokioisilta kerättyä kanta, joka oli jatkuvassa kasvatuksessa MTT:n kasvihuoneella (valaistus 20/4 h, lpt 20/15 °C). Kokeeseen valittiin munivia naaraita, koska ne aiheuttavat varsinaisen tuhon porkkanapelloilla. Kempit vapautettiin Eppendorf-putkesta maljaan, jonka toisella laidalla oli porkkanan lehtiä. Kokeessa oli 10 maljaa (kerrannetta). Koe tehtiin laboratoriapöydällä (22 ± 2 °C) kasvatusvalon alla. Käsittelemättömille tai tisleellä käsitellyille lehdille asettuneiden kemppien määrä laskettiin 4 tuntia vapautuksen jälkeen.

Tämän kokeen lisäksi tehtiin kolme koetta, joissa 10 % tisleliuosta pipetoitiin silikoniletkusta leikattuihin paloihin (Ø 1,2 cm), jotka laitettiin petrimaljan toiseen laitaan porkkananlehden alle. Tislemäärät letkunpaloissa olivat 0,5, 2 tai 3,5 µl. Tisleen annettiin haihtua vetokaapissa letkunpaloista 20 min ennen maljoille siirtämistä. Maljalla vaihtoehtona oli lehti, jonka alla olevaan silikoniletkun palaan ei ollut pipetoitu tislettä. Kokeissa käytettiin alun perin Haukivuorelta kerättyä kemppikantaa, jota oli kasvatettu kasvihuoneessa edellä kuvatuissa olosuhteissa usean vuoden ajan. Muut koejärjestelyt olivat vastaavanlaiset kuin edellisessä kokeessa.

## Kasvihuonekokeet

### Porkkanakemppi

Häkkikokeessa käytettiin kahta eri porkkanalajiketta (Splendid ja Parano), jotka olivat noin 3 ja 4 viikon ikäisiä kokeen alkaessa. Taimet oli kylvetty Kekkilän amppeliseokseen 1,1 litran ruukkuihin (23.5. ja 18.5.). Taimet harvennettiin kolmeen kappaleeseen ruukkua kohti. Molempien lajikkeiden taimiruukkuja ruiskutettiin 10 kpl 10 %:lla tisleliuoksella (kulutus 0,125 g/kasvi) vetokaapissa, jossa niiden myös annettiin kuivua 2 h ennen siirtämistä häkkeihin. Jokaisessa häkissä oli samaa porkkanalajiketta olevat käsitely ja käsittelemätön ruukku. Kumpikin lajike testattiin 10 häkissä. Häkkiä kohti vapautettiin yksi muniva kemppinaaras (Jokioisten kemppikantaa) häkin etuseinän keskikohdalle asetetusta Eppendorf-putkesta, jotta etäisyys häkin ta-

kakulmissa oleviin porkkanataimiin olisi mahdollisimman pitkä. Kokeet tehtiin kesäkuun puolivälissä porkkanakempin normaaliin lentoaikaan. Tuolloin luonnollisen valojakson pituus oli 19 h 8 min. Kemppeiden valinnat kirjattiin muistiin 48 h kuluttua kokeen aloittamisesta ja kempit poistettiin kasveilta. Sen jälkeen kasveilta laskettiin munien määrä mikroskoopin avulla. Tulokset analysoitiin käyttäen Wilcoxonin testiä (SPSS 14.0 tilasto-ohjelma).

## **Kaalikärpäset**

Kaalikärpästen munintaa tisleellä käsitellylle kiinankaalille testattiin vastavanlaisessa valintakokeessa häkeissä kuin porkkanakempin munintaa. Häkeissä oli 5 prosenttisella tisleliuoksella käsitelty kiinankaali (lajike Yamiko) ja käsittelemätön kiinankaali. Kärpäsiä vapautettiin häkkiin 4 kpl (2 ♀ ja 2 ♂) ja niiden annettiin munia viisi päivää ennen kuin kärpäset poistettiin ja munat laskettiin sekä kasvin lehdiltä että ruukun pinnalle lisätystä hiekasta (2 dl). Koe tehtiin sekä iso- että pikkukaalikärpäsillä. Isokaalikärpäsokokeessa kerranteita oli 16 ja pikkukaalikärpäsokokeessa 18.

## **Persikkakirva (*Myzus persicae*)**

Ateenan Maatalousyliopistossa tutkittiin koivutisleen tehoa persikkakirvaan, joita kasvatettiin munakoisolla kasvihuoneessa sijaitsevilla häkeissä,  $22,5 \pm 2,5$  asteen lämpötilassa ja luonnonvalossa. Kokeessa käytettävä tisle laimennettiin (0,25, 0,5 ja 1 %) ionisoidulla vedellä. Kahdelle koekasvin 30 cm:n korkeudella sijaitsevalle lehdelle levitettiin 20 kirvaa, yhteensä 40 kpl/kasvi. Kirvat olivat 1, 2 tai 3 toukka-asteella, ja joka käsittelyssä oli kaksi koekasvia. Munakoisot sumutettiin kosteiksi tisleliuoksella ja kontrollikasvit käsiteltiin ionisoidulla vedellä. Käsittelyn jälkeen kasvit peitettiin muovilieriöllä (14 x 40 cm), jossa oli kolme verkolla suojattua ilmastointiaukkoa. Häkit pidettiin kasvihuoneessa. Elävien kirvojen määrä laskettiin kerran vuorokaudessa kaikkiaan neljä kertaa.

## **Avomaakokeet**

### **Mansikka**

Ensimmäiset mansikkapunkin torjuntakokeet tehtiin MTT:n koepelloilla v. 2004 järjestetyssä havaintokokeessa ja tulokset olivat niin lupaavia, että alustavia kokeita jatkettiin vuonna 2005 kasvihuoneissa sekä useammalla koekentällä. Koivutisleen vaikutusta punkkeihin seurattiin joko käsittelemällä kasvustot paineruisella tai haihduttamalla 100-prosenttista tisleä kasvustoa ympäröivästä putkistosta.

Tammelassa seurattiin koivutislekäsittelyn vaikutusta mansikkapunkkiin, mansikkanälvikkääseen ja vattukärsäkkääseen sekä ruiskutteena että haihdutettuna kasvustoon. Alueelle oli levitetty mansikkapunkin biologista torjuntaa

varten myös mansikkapunkkia syöviä petopunkkeja, joista myös tehtiin havaintoja. Vuosina 2004–2005 kasvintuhoojia alueelta oli torjuttu yksinomaan biologisin menetelmin (*Amblyseius barkeri*- ja *A. cucumeris*-petopunkeilla).

Haihdutuskokeessa koeruudut (4 m, 15 kasvia, 4 kerrannetta) sijaitsivat yhdessä rivissä vuonna 2003 istutetussa mansikkamaassa (lajike Senga Sengana). Käsittelyruutujen välissä oli 10 m:n alueet, joiden keskeltä 5 m:n alueet olivat kontrolliruutuina. Haihdutusputkisto, joka oli tehty  $\frac{3}{4}$  tuuman mustasta muoviletkusta rei'ittämällä 5 mm:n haihduntareikiä 30 cm:n välein, asetettiin koeruutujen molemmiin puolin muovikatteen reunoihin. Letkuihin kaadettiin 1,5 dl 100 % koivutislettä ja päät suljettiin tulpalla. Koivutislettä lisättiin viikoittain tai tarpeen mukaan, ja haihdutusta jatkettiin toukokuun lopulta kukinnan loppuun heinäkuun ensimmäiselle viikolle.

Ruiskutuskoemaan mansikat (lajike Bounty) olivat osittain kärsineet talven 2004 pakkasista. Ruiskutetut ja käsittelemättömät koeruudut (5 m, 15 kasvia, 7 kerrannetta) olivat kahdessa rivissä ja niiden välissä yksi suojarivi. Punkkitilanne tutkittiin toukokuun lopulla, ja kesäkuun alussa *A. barkeri*-petopunkkeja levitettiin koko alueelle. Koivutisleruiskutukset tehtiin 20 % liuoksella (250 l/ha) ennen kukintaa 30.5. ja 12.6.

Sekä haihdutus- että ruiskutuskokeesta otettiin lehtinäytteet ennen kokeen alkua. Näytteistä laskettiin mansikka- ja petopunkkien määrät. Elokuussa 9.8. punkit tarkastettiin 10 suppulehdestä/kerranne. Nälvikkäiden, vattukärsikkäiden ja muiden hyönteisten esiintyminen tarkastettiin vatinäyttein 6.6. ja 17.6.

Mansikkapunkkien tisleluiskutuskokeita tehtiin MTT:n Rehtijärven koealueella vuosina 2004–2005 jo ikääntyneellä mansikalla, jossa esiintyi runsaasti mansikan tuholaisia. Koeruudut (5 m, jokainen eri rivissä) käsiteltiin ensimmäisenä vuonna kuudella eri tisleväkevyydellä (0,8–25 % liuos), joka oli aina puolet edellistä laimeampi. Käsiteltyjä ruutuja verrattiin käsittelemättömään kontrolliin. Toisena vuonna käsittelyt tehtiin neljällä eri tisleliuoksella (2.5, 5, 10 ja 20 %) ja kolme ruutua jätettiin käsittelemättä. Jokaisesta ruudusta otettiin 5 suppulehteä/näyte mansikkapunkkitarkastusta varten.

MTT:n Potku-projektin piiriin kuuluvalla mansikkaviljelmällä Ristiinassa seurattiin koivutisleen tehoa mansikkapunkkiin ruiskuttamalla sitä kasvustoon (kesällä 2005) joko kerran tai kaksi kertaa ennen kukintaa, ja vertaamalla tulosta käsittelemättömään kasvustoon. Kokeessa käytettiin vain 10 %:n tisleliuosta, koska koe tehtiin käytännön viljelmällä, eikä tisleen fytotoksisuudesta eli haitallisuudesta kasveille ollut vielä riittävästi kokemusta. Koealue, joka sijaitsi pellonkulmassa, jaettiin 7,5 m koeruutuihin, joiden välissä oli aina 2 metrin suojaruudut. Kerranteita oli neljä. Mansikkapunkkimäärien toteamiseksi kerättiin 10 suppulehteä/ruutu ennen jokaista käsittelyä ja sen

jälkeen näytteet otettiin kuukauden välein. Lehdet tarkastettiin mikroskoopin alla laboratoriossa.

## Mehiläiskokeet

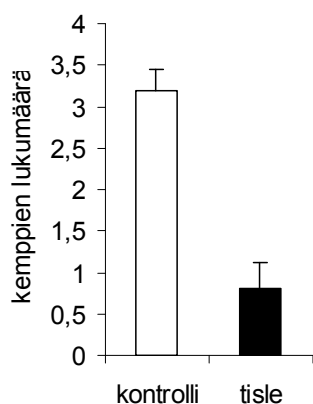
Koivutisleen vaikutusta testattiin varroapunkkeihin, jotka ovat mehiläisten ulkoloisia ja tuhoavat siten mehiläisyhteiskuntia. Saastuneissa mehiläispesissä varroapunkkien luonnollista kuolemaa seurattiin viiden päivän ajan ennen tislekäsittelyä laskemalla pesistä tippuvien kuolleiden punkkien määrät. Sen jälkeen tisle lisättiin haihdutteenä (imeytettiin kuitulevyn paloihin) viiteen pesään, joka pesään eri vahvuisena (5 %–50 %). Haihdutusaika oli viisi vuorokautta. Punkkien kuolleisuutta seurattiin vielä neljä päivää haihduttimien poistamisen jälkeen. Tislekäsittelyn aikana kuolleiden punkkien määrää verrattiin pesien luonnolliseen punkkikuolleisuuteen ennen ja jälkeen tislekäsittelyyn.

## Tulokset ja tulosten tarkastelu

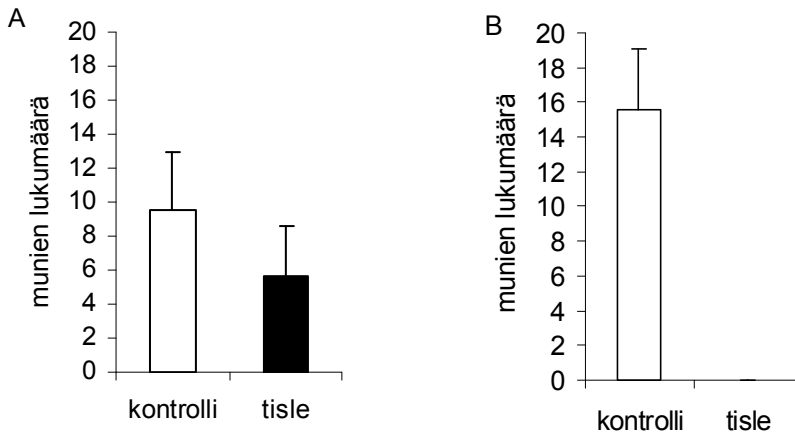
### Laboratorio- ja kasvihuonekokeet

#### Porkkanakemppi ja kaalikärpäset

Tisleeseen kastetuilla porkkanan lehdillä oli 4 h kuluttua merkitsevästi ( $P = 0,012$ ) vähemmän kempejä kuin kontrollilehdillä (Kuva 1). Sen sijaan väliaineesta (silikoniletku) haihdutettuna mikään käytetyistä tislepitoisuuksista ei aiheuttanut merkitseviä eroja kemppien valinnoissa, mikä viittaa siihen, että silikoniletkusta haihdutetut tislepitoisuudet olivat liian alhaisia.



Kuva 1. Kemppien valinnat maljakokeessa, jossa toinen porkkanan lehti oli käsitelty 10-prosenttisellä tisleliuoksella (tisle) ja toinen lehti oli käsittelemätön (kontrolli) (n=10).



Kuva 2. Porkkanakemppien muninta häkkikokeessa 48 h aikana käsittelemättömille (kontrolli) tai 10-prosenttisella tisleellä (tisle) käsitellyille kasveille. A) Parano-lajike ja B) Splendid-lajike (n=10).

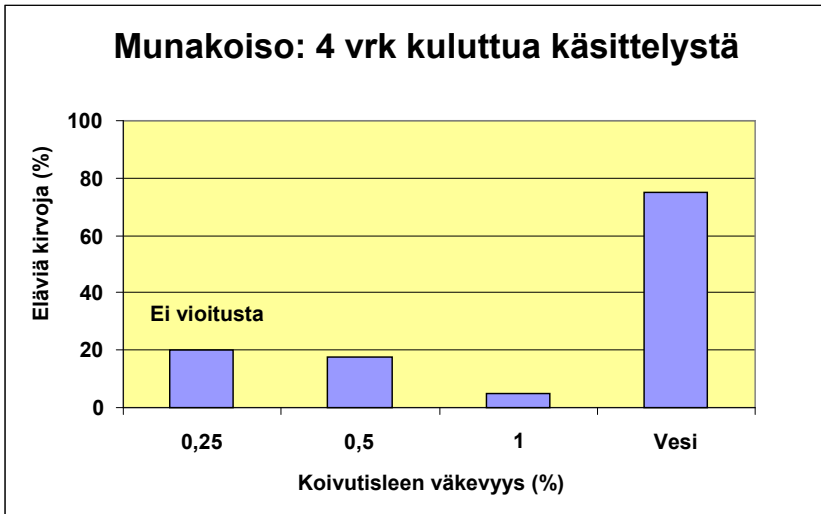
Häkkikoe osoitti, että tisekäsittelyn vaikutus oli erilainen eri lajikkeilla: Splendidillä tisekäsittely vähensi munintaa merkitsevästi ( $P = 0,012$ ), mutta Paranolla ei (Kuva 2). Tulokseen saattoi vaikuttaa se, että Splendid-lajikkeen porkkanat olivat nuorempia (noin 3 viikkoa) kuin Paranon.

Kempin osalta voitaneen arvioida, että tisle karkottaa kempin ennen kuin se laskeutuu porkkanan pinnalle, koska Splendidillä ei havaittu munintaa ollenkaan. Mekanismin varmistamiseksi pitäisi kuitenkin tehdä lisäkokeita.

Vastaavanlaisissa häkkikokeissa 5 %:n tisekäsittely ei vähentänyt kaalikärpästen munintaa kiinankaalille. Tulosten erilaisuus porkkanakemppin ja kaalikärpästen välillä saattaa selittyä sillä, että näiden lajien isäntäkasvin valintakäyttäytyminen on erilaista.

### Persikkakirvan torjunta

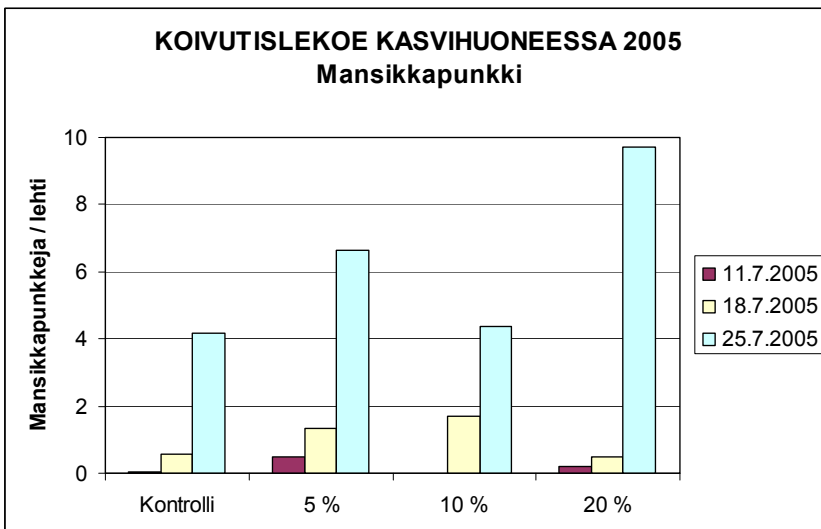
Kaikki tisekäsittelyt tehosivat hyvin persikkakirvoihin ja eloonjääneitä oli enimmillään 20 % kasveille levitetyistä määristä (Kuva 3). Paras teho saatiin 1 prosenttisella tisleliuoksella, mutta munakoison lehdet vioittuivat pahasti. Ainoastaan 0,25 % tisleliuoksella käsitellyt kasvit säilyivät vioittumattomina.



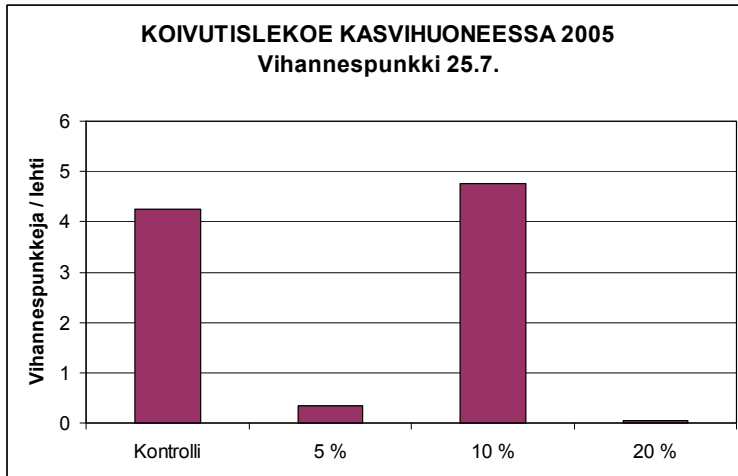
Kuva 3. Elävien persikkakirvojen määrä munakoisolla 4 vuorokauden kuluttua käsittelystä, jotka tehtiin 1-, 0,5- ja 0,25-prosenttisella tisleliuoksella.

## Punkkien torjunta

Alustavissa kasvihuonekokeissa tisle ei vähentänyt mansikkapunkkien (Kuva 4) eikä vihannespunkkien määrää (Kuva 5). Vihannespunkkisaastunta oli erittäin epätasainen, ja vaikka 20 %:n koivutislekäsittelyssä punkit olivat lähes kadonneet, ei käsittelyn välille saatu tilastollisesti merkitseviä eroja.



Kuva 4. Koivutisleen (ruiskutus 4.7.) vaikutus mansikkapunkkiin. Ei merkitseviä eroja käsittelyjen välillä (vaaka-akselilla on kokeen käsittelyt, päivämäärät ovat punkkien laskentapäiviä).

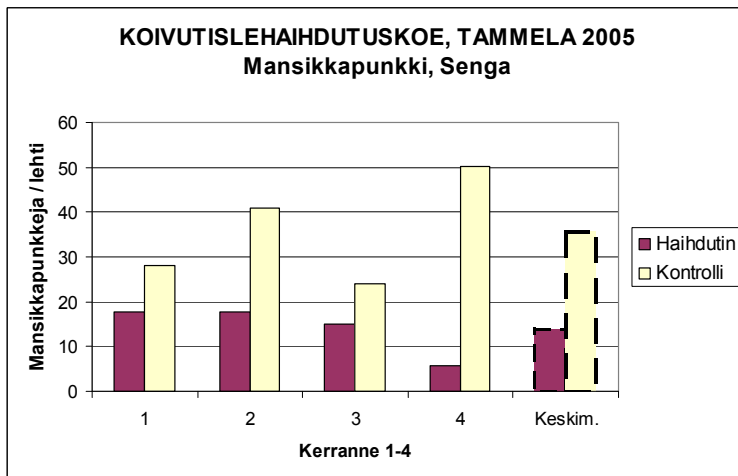


Kuva 5. Koivutisleen vaikutus vihannespunkkien määrään (laskettu 25.7.). Ei merkitseviä eroja käsittelyjen välillä.

## Avomaakokeet

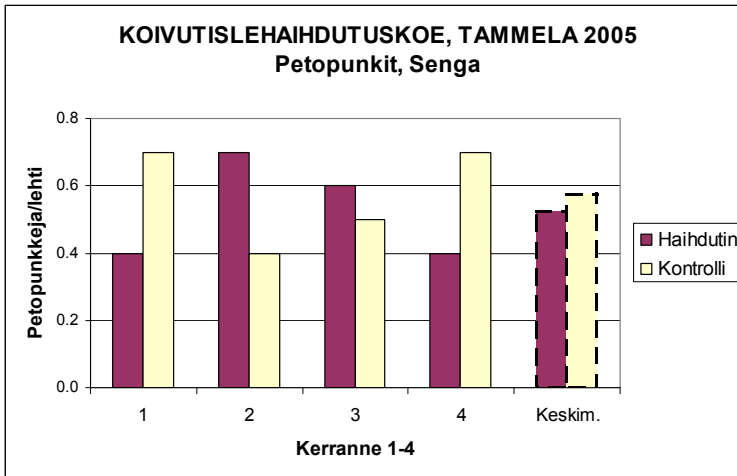
### Punkit

Koivutisleen karkottavasta vaikutuksesta saatiin hyvä näyttö käytännön viljelmällä (Kuva 6). Haihdutuskokeessa mansikkapunkteja oli yli puolet vähemmän tisluruuduissa kun kontrolliruuduissa. Tisleellä ei ollut vaikutusta kasvustoon levitettyihin petopunkkeihin (Kuva 7).



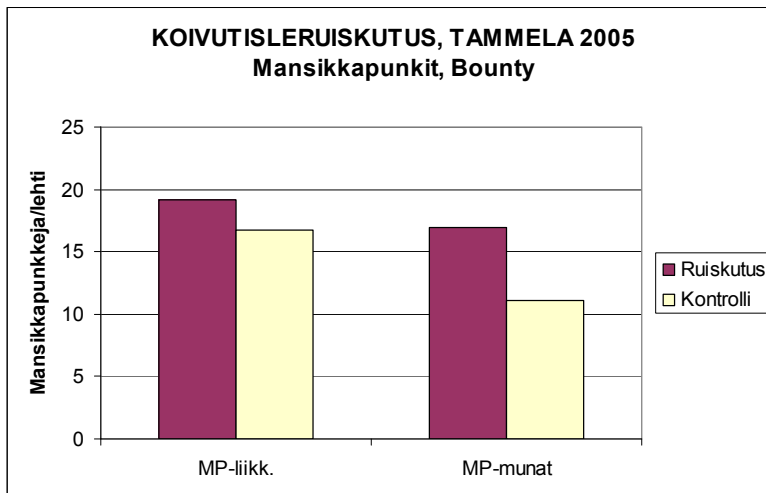
Kuva 6. Koivutislehaihdutuskokeen mansikkapunkit kerranteittain 9.8.2005. Käsittelyn ja kontrollin välillä on merkitsevä ero (t-testi,  $P=0.017$ ).



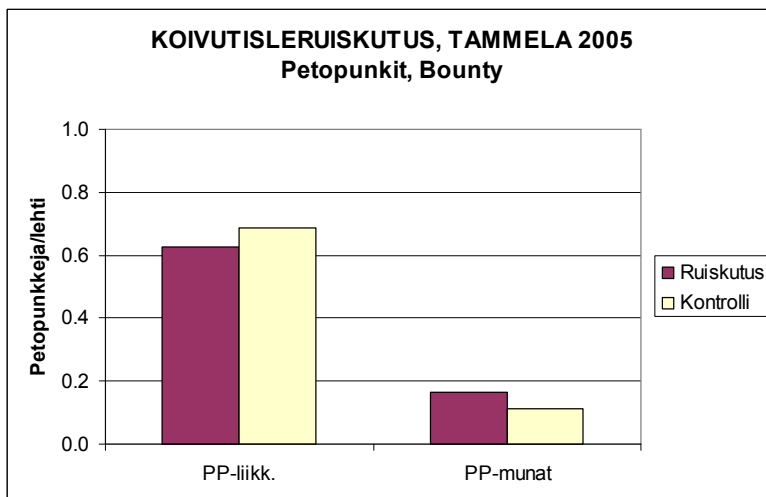


Kuva 7. Koivutislehahdutuskokeen petopunkit kerranteittain 9.8.2005. Käsitelyn ja kontrollin välillä ei ole merkitsevää eroa.

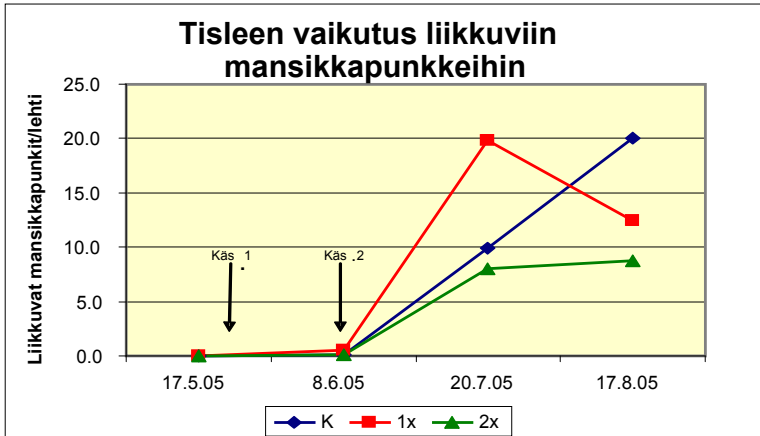
Kasvustoon ruiskutettu tisle ei vaikuttanut mansikkapunkkien määrään (Kuva 8) eikä petopunkkeihin (Kuva 9). Ruiskutuskokeessa mansikkapunkkien ja niiden munien määrät eivät eronneet käsitellyn ja kontrollin välillä. Ruiskutuksista (30.5. ja 12.6.) oli kulunut lähes kaksi kuukautta, jolloin mahdollinen vaikutus oli saattanut jo hävitä ennen punkkimäärän analysointia. Koivutisle-ruiskutukset mansikkapunkkia vastaan mansikkaviljelmällä Ristiinassa osoittivat, etteivät kerran tai kaksi kertaa tehdyt käsittelyt vähentäneet punkkimäärää riittävästi. Käsitellyt ja käsittelemättömät ruudut eivät myöskään eronneet toisistaan merkittävästi, vaikka suunta käsitellyissä ruuduissa oli laskeva toisin kuin kontrolliruuduissa (Kuva 10). Jokioisilla, vanhassa mansikkakasvustossa tehtyjen kokeiden vihannespunkkimäärät vaihtelivat niin paljon, ettei tuloksista saatu luotettavaa tietoa tisleen tehosta. Tulokset olivat kuitenkin samansuuntaisia kuin kasvihuonekokeissa.



Kuva 8. Koivutisleruiskutuskokeen mansikkapunkit 9.8.2005. Käsittelyn ja kontrollin välillä ei ole merkitsevää eroa. MP-liikk. tarkoittaa liikkuvia mansikkapunkteja, MP-munat osoittaa mansikkapunkkien munamäärän.



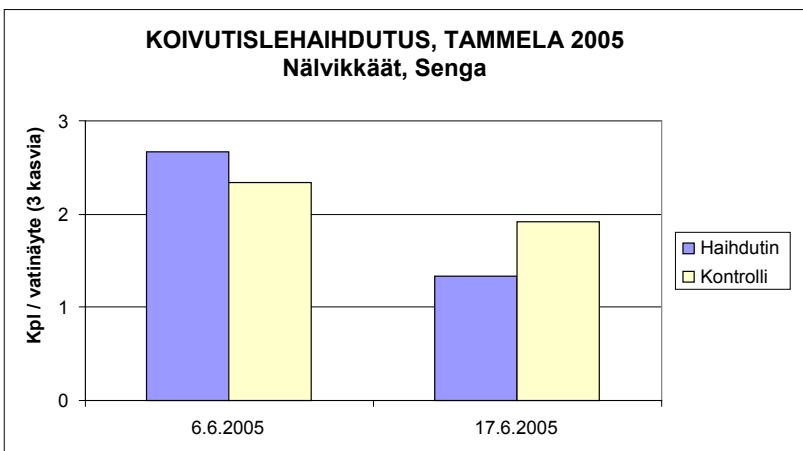
Kuva 9. Koivutisleruiskutuskokeen petopunkit 9.8.2005. Käsittelyn ja kontrollin välillä ei ole merkitsevää eroa. PP-liikk. on liikkuvien petopunkkien määrä ja PP-munat niiden munamäärät.



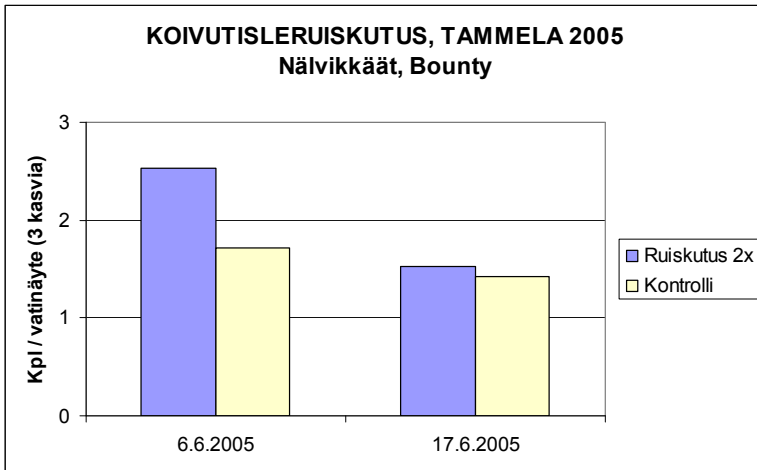
Kuva 10. Liikkuvien mansikkapunkkien määrät 10-prosenttisellä koivutisleellä käsitellyissä ruuduissa. Käsitelykertoja yksi (punainen) tai kaksi (vihreä), verranteena käsittelemätön (sininen). Vaaka-akselilla on esitetty punkkien laskentapäivämäärät.

## Kovakuoriaiset

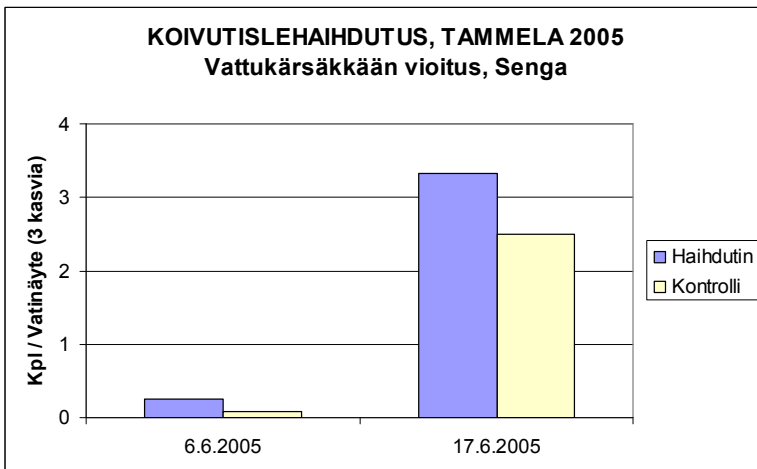
Muoviputkesta haihdutettu tisle ei karkottanut nälvikkäitä (Kuva 11) eikä teho ollut sen parempi kasvustoruiskutuksissakaan (Kuva 12). Nälvikkäiden määrät vatinäytteessä tai niiden aiheuttamat vioitukset kasvustossa eivät eronneet toisistaan haihdutuskokeessa. Myöskään myöhemmin silmämääräisesti tarkastellen vioitusten tai nälvikkäiden toukkien määrässä ei ollut selviä eroja. Vastaavasti vattukärsäkälaskennat osoittivat tisleen heikon tehon kopipintaisten hyönteisten torjunta-aineena (Kuvat 13 ja 14).



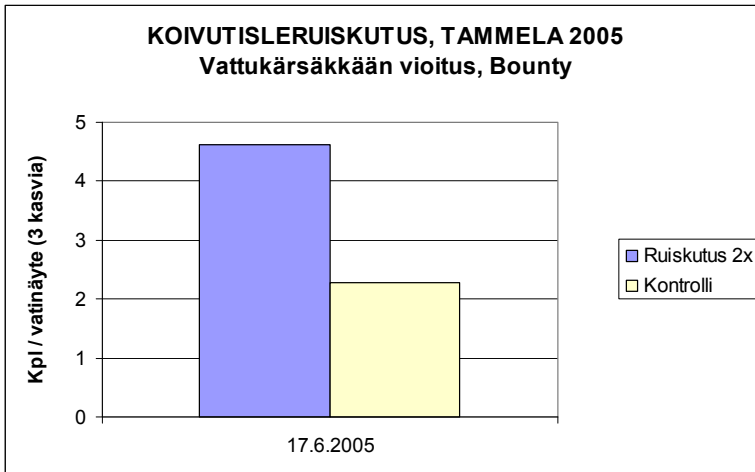
Kuva 11. Haihdutuskokeen mansikkanälvikkäät. Ei merkitseviä eroja käsitellyn ja käsittelemättömän välillä. Vaaka-akselilla on esitetty näytteiden oton ajankohdat.



Kuva 12. Ruiskutuskokeen mansikkänälvikkäät. Ei merkitseviä eroja käsittelyn ja käsittelemättömän välillä. Vaaka-akselilla on esitetty näytteiden oton ajankohdat.



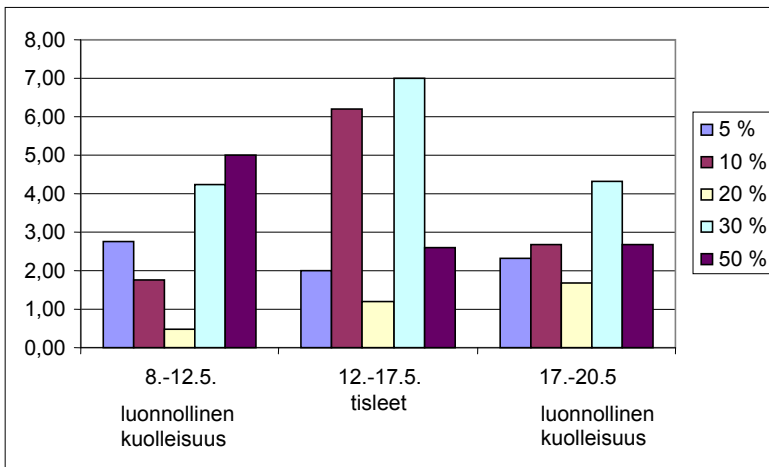
Kuva 13. Haihdutuskokeen vattukärsäksvioitukset. Ei merkitseviä eroja käsittelyn ja käsittelemättömän välillä. Vaaka-akselilla on esitetty näytteiden oton ajankohdat.



Kuva 14. Ruiskutuskokeen vattukärsäkäsvoitukset. Ei merkitseviä eroja käsitteilyn ja käsittelemättömän välillä. Vaaka-akselilla on esitetty näytteiden oton ajankohta (6.6. tarkastuksessa ei havaittu lainkaan voituksia).

### Varroapunkin torjunta

Mehiläispesissä haihdutettu koivutisle ei lisännyt varroapunkin kuolleisuutta merkittävästi verrattuna niiden luonnolliseen kuolleisuuteen samoissa yhdyskunnissa (Kuva 15).



Kuva 15. Pesistä tippuneiden varroapunkkien määrää seurattiin viidessä eri pesässä. Vasemmalla on kuolleiden punkkien määrä ennen tislekäsitteilyä (8.–12.5.), keskellä viiden vuorokauden punkkimäärät tislehaihdutuksen ajalta (12.–17.5.) ja oikealla kuolleiden punkkien määrät haihduttimen poiston jälkeiseltä laskenta-ajalta (17.–20.5.). Pylväiden värit osoittavat kokeessa käytetyt tisleväkevyödet.

## Johtopäätökset

Kempin osalta voitaneen arvioida, että tisle karkottaa kempin ennen kuin se laskeutuu porkkanan pinnalle, koska Splendidillä ei havaittu munintaa ollenkaan. Mahdollisia mekanismeja voisivat olla peittäminen (masking) tai karkottaminen (repelling) (Tahvanainen & Root 1972), jolloin tisleen haju peittäisi isäntäkasvin haihtuvat yhdisteet, joihin kemppe reagoi, tai tisleen haju olisi karkottava, mutta siinä tapauksessa kempillä pitäisi olla aistinsoluja, jotka kykenisivät reagoimaan johonkin tiettyyn tisleen komponenttiin. Kempin tuntosarvien aistinsolumäärä on kuitenkin varsin alhainen (Kristoffersen ym. 2006), joten laaja ei-isäntäkasvien hajujen tunnistaminen lienee epätodennäköistä. Kolmas mahdollisuus on, että porkkanakemppi käyttää isäntäkasvin valinnassa höydykseen kasvin väriä, kuten on havaittu eräällä toisella kemppilajilla (Lapis & Borden 1995), ja tisleen jättämä tumma kalvo muuttaa kasvusta heijastuvan valon aallonpituutta, mikä saattaisi johtaa kemppejä harhaan. Heijastuvan valon aallonpituus ei kuitenkaan näytä todennäköisimmältä selittäjältä, koska Paranon taimilla oli munintaa, vaikka Splendidin taimilla ei ollut.

Sen sijaan ero saattaa liittyä porkkanan haihtuviin aineisiin. Paranon taimet olivat vanhempia kuin Splendidin, ja todennäköisesti Parano tuotti enemmän terpeeneitä kuin Splendid, koska nuorten porkkanantaimien on havaittu tuottavan enemmän propenyylibentseeneitä kuin terpeeneitä (Kainulainen ym. 1998). Probenyylibentseenien suhteellinen osuus oli jopa saman ikäisissä Splendidin taimissa suurempi kuin Paranon taimissa (Ibrahim ym. 2006). Porkkanakemppin aistinsolujen on puolestaan todettu reagoivan ainakin joihinkin terpeeneihin (Kristoffersen ym. 2006). Tämä saattaa tarkoittaa, että tisleen haju on porkkanan terpeenejä voimakkaampi pienemmillä porkkanantaimilla, joissa terpeenien tuotanto on vähäisempää, mikä viittaisi mekanismina pikemminkin peittämiseen kuin karkottamiseen. Mekanismin varmistamiseksi pitäisi kuitenkin tehdä lisäkokeita.

Vastaavanlaisissa häkkikokeissa 5 %:n tislekäsittely ei vähentänyt kaalikärpästen munintaa kiinankaalille. Tulosten erilaisuus porkkanakemppin ja kaalikärpästen välillä saattaa selittyä sillä, että näiden lajien isäntäkasvin valintakäyttäytyminen on erilaista. Kaalikärpästen isäntäkasvin valintaan kuuluu kolme vaihetta, joiden aikana hyönteinen päättää milloin laskeutua, minne laskeutua ja jäädäkö kasville vai ei. Näitä vaihteita ohjaavat 1) haihtuvat yhdisteet 2) näköaisti ja 3) lehden pinnalla olevat kemialliset yhdisteet (esim. Finch ym. 2003, Morley ym. 2005). Kasvin haihtuvat yhdisteet eivät vaikuttaneet kaalikärpäsellä laskeutumisvaiheeseen (vaihe 2), koska aromaattiset kasvit eivät häirinneet laskeutumista enempää kuin ei-aromaattiset kasvit (Finch ym. 2003). Kasvin pinnalla kävelemisen aikana kaalikärpäset saavat tietoa isäntäkasvin kemiallisista ominaisuuksista jaloissa sijaitsevien kemoreseptorien avulla (esim. Gouinguene & Städler 2006) ja päättävät hyväksy-

vätkö isäntäkasvin vai ei. Kemoreseptorit reagoivat glukosinolaatteihin sekä eräisiin muihin kaalikasveille tyypillisiin yhdisteisiin lajityypillisellä tavalla (Gouinguene & Städler 2006). Ilmeisesti kaalikärpäset keskittyvät etsimään isäntäkasvin merkkiaineita ja käsittelevät muita aineita taustakohina (Finch ym. 2003). Tämä käsitys pohjautuu viimeaikaisiin ei-isäntäkasveilla tehtyihin tutkimuksiin, joissa havaittiin, että kaalikärpäset viipyivät jopa pitempään ei-isäntäkasvien kuin isäntäkasvien pinnalla. Nämä havainnot eivät tue aiempia teorioita siitä, että ei-isäntäkasveissa luonnostaan esiintyvät yhdisteet karkottaisivat (repel) tai estäisivät (deter) kaalikärpästä asettumasta kasville (Finch ym. 2003, Morley ym. 2005). Luultavasti tästä syystä tislekäsittelykään ei häiritse isäntäkasvin hyväksymistä.

Yhteenvedona voidaan todeta, että koivutisleestä on mahdollista kehittää insektisidejä ainakin pehmeäihoisten hyönteisten kuten kirvojen torjuntaan. Kasviperäisten aineiden teho pehmeäihoisiin (soft-bodied) lajeihin on todettu myös muissa tehokkuustutkimuksissa (Isman 1999). Tisleellä ei ollut tappovaikutusta kovakuoriaisiin eikä punkkeihin. Karkotusvaikutuksesta saatiin hyvä näyttö, joka kannattaa varmistaa jatkotutkimuksin. Esimerkiksi siemenperunaviljelyssä kannattaa kokeilla virustauteja levittävien kirvojen torjuntaa tisleellä, koska virusten torjuntatarve on lisääntynyt ja insektisideillä on vaikea torjua kasvustossa vierailevien kirvojen koepistoja.

Positiivista oli myös havainto tisleen haitattomuudesta tuholaisten luontaisille vihollisille. Tulos osoittaa, että koivutisleestä voidaan kehittää tuotteita, jotka sopivat osaksi muuta biologista torjuntaa kuten monet muutkin kasviperäiset aineet (Chiasson ym. 2004). Tisle voi vioittaa herkkiä kasveja (esim. muna-koiso, lakka) joten tislevalmisteiden fytotokisuus pitää tutkia kasvilajeittain ennen käyttökokeita.

## Kirjallisuus

- Chiasson, H., Vincent, N. & Bostanian, N.J. 2004. Insecticidal properties of a *Chenopodium*-Based Botanical. *Journal of Economic Entomology* 97: 1378–1383.
- Christov, V., Simeonov, M., Velcheva, N., Karadjova, O., Atanassov, N., Ivanova, I. & Evstatieva, L. 1997. Pyrrolizidine alkaloids from Bulgarian species – Genus *Senecio* and their insecticidal properties. *Biotechnology & Biotechnological Equipment* 11: 53–59.
- Finch, S., Billiald, H. & Collier, R.H. 2003. Companion planting – do aromatic plants disrupt host-plant finding by the cabbage root fly and the onion fly more effectively than non-aromatic plants? *Entomologia Experimentalis et Applicata* 109: 183–195.
- Gouinguéné, S.P.D. & Städler, E. 2006. Comparison of the egg-laying behaviour and electrophysiological responses of *Delia radicum* and *Delia floralis* to cabbage leaf compounds. *Physiological Entomology* 31: 382–389.
- Guenther, E. 1972. *The Essential Oils*. 1. New York: Robert E. Krieger Publishing Company. s. 3–225.
- Ibrahim, M.A., Nissinen, A., Prozherina, N., Oksanen E.J. & Holopainen, J.K. 2006. The influence of exogenous monoterpene treatment and elevated temperature on growth, physiology, chemical content and headspace volatiles of two carrot cultivars (*Daucus carota* L.). *Environmental and Experimental Botany* 56: 95–107.
- Isman, M.B. 1999. Pesticides based on plant essential oils. *Pesticide Outlook* 10 (2) 1999 April: 68–72.
- Kainulainen, P., Tarhanen, J., Tiilikkala, K. & Holopainen, J.K. 1998. Foliar and emission composition of essential oil in two carrot varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 3780–3784.
- Kristoffersen, L., Hallberg, E., Wallén, R. & Anderbrant, O. 2006. Sparse sensillar array on *Trioza apicalis* (Homoptera, Triozidae) antennae – an adaptation to high stimulus levels? *Arthropod Structure & Development* 35: 85–92.
- Lapis, E.B. & Borden, J.H. 1995. Role of wavelength-specific reflectance intensity in host selection by *Heteropsylla cubana* Crawford (Homoptera: Psyllidae). *Pan-Pacific Entomologist* 71: 209–216.
- van Lenteren, J.C.A. 2000. A greenhouse without pesticides fact or fantasy? *Crop Protection* 19: 375–384.



- Misra, G., Pavlostathis, S.G., Perdue, E.M. & Araujo, R. 1996. Aerobic biodegradation of selected monoterpenes. *Applied Microbiology and Biotechnology* 45: 831–838.
- Morley, K., Finch, S. & Collier, R.H. 2005. Companion planting behaviour of the cabbage root fly on host plants and non-host plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 117: 15–25.
- Mäkinen, M. 2003. Torjunta-aineiden tavoin käyttäytyvät kemikaalit maa- ja puutarhataloudessa. Kuopio: Kuopion aluetyöterveyslaitos. 21 s.
- Regnault-Roger, C. 1997. The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Management Reviews* 2: 25–34.
- Tahvanainen, J.O. & Root, R.B. 1972. Influence of vegetation diversity on the population ecology of a specialized herbivore, *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Oecologia* 10: 321–346.
- Velcheva, N., Atanassov, V., Velchev, R., Vulcheva, O., Karadjova, O. & Velichkova, M. 2001. Toxic action of plant extracts on some pests of economic importance. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 7: 133–139.

# Koivutisleen vaikutus jyrsijöihin

Bengt Lindqvist<sup>1)</sup>, Kari Tiilikkala<sup>1)</sup>, Hannu Ojanen<sup>1)</sup> ja Heikki Setälä<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Rillitie 1, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

<sup>2)</sup>Ympäristöekologian laitos, Helsingin yliopisto, Niemenkatu 73, 15140 Lahti, etunimi.sukunimi@helsinki.fi

## Tiivistelmä

Grillihiilen valmistuksessa syntyvä sivutuote, koivutisle, on tutkimuksissa todettu käyttökelpoiseksi kasvinsuojeluaineeksi ja biosidiksi. Tisle sisältää tuhansia yhdisteitä, joista huomattava osa on fenoleja. Fenoleilla on antiseptinen vaikutus ja niiden käyttö tunnetaan jo 1800-luvulta, jolloin niitä käytettiin muun muassa lääketieteessä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli osoittaa, että koivutisleellä voidaan ehkäistä jyrsijöiden aiheuttamia tuhoja varsinkin monivuotisilla ja puurunkoisilla kasveilla. Osa kokeista toteutettiin terraariossa (noin 16 m<sup>2</sup>), osa käytännön viljelmillä (omenatarha). Kokeissa keskityttiin pääasiassa myyrien aiheuttamien tuhojen ehkäisemiseen. Kokeet ovat alustavia ja tulokset pitää varmentaa tarkemmilla tieteellisillä kokeilla.

Terraariossa tehdyt kokeet osoittivat, että myyrät eivät jyrineet koivutisleellä käsiteltyjä omenapuun oksia, mutta käsittelemättömät oksat jyrättiin kauttaaltaan, vaikka muutakin ravintoa oli saatavilla. Mikäli myyrille annettiin ainoastaan omenapuun oksia ravinnoksi, ne jyrättivät ensin kauttaaltaan käsittelemättömät oksat ja vasta, kun muuta ravintoa ei ollut saatavilla, ne jyrättivät myös käsiteltyjä oksia. Tulokset käytännön olosuhteissa tehdystä kokeesta olivat samansuuntaiset. Kun myyrillä oli riittävästi muuta ravintoa, ne eivät vioittaneet käsiteltyjä omenapuun taimia. Myyräpopulaation ollessa erittäin korkea havaittiin selviä vioituksia myös koivutisleellä käsitellyissä omenapuun taimissa.

Pihanurmikon vallanneen vesimyyrän karkotukseen käytettiin koivutislettä, joka ruiskutettiin myyrien käytäviin MTT:n ja Charcoal Finland Oy (CCF) kehittämällä erikoislaitteella. Tisle karkotti myyrät koloistaan, mutta ei tappanut niitä. Myyräpopulaatio liikkui kesän aikana tontin laidalta toiselle käsittelemättömä nurmikkoa vallaten.

---

*Avainsanat: koivutisle, kasvinsuojelu, kasvinsuojeluaineet, biosidi, karkotteet, jyrsijät, torjunta, myyrät, omenapuut*

---

# Effect of birch tar oil as a vole repellent

Bengt Lindqvist<sup>1)</sup>, Kari Tiilikkala<sup>1)</sup>, Hannu Ojanen<sup>1)</sup> and Heikki Setälä<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Rillitie 1, FI-31600 Jokioinen, Finland, [firstname.lastname@mtt.fi](mailto:firstname.lastname@mtt.fi)

<sup>2)</sup>Department of Ecological and Environmental Sciences, University of Helsinki, Niemenkatu 73, FI-15140 Lahti, Finland, [firstname.lastname@helsinki.fi](mailto:firstname.lastname@helsinki.fi)

## Abstract

Many kinds of equipment and technologies have been developed and tested for repelling burrowing rodents such as voles. The use of birch tar oil (BTO) is a novel approach in this area of plant protection. The aim of this study was to determine the repellent activity of BTO against field voles (*Microtus agrestis*) and water voles (*Arvicola terrestris*). The repellency effect of BTO on field voles was assessed in a terrarium experiment and a field study (apple orchard). Apple branches were painted with BTO and used as the test plant in both of the experiments. The effect of BTO on water voles was studied over the summer in a home garden where the vole population had destroyed several newly established grass cultivations. In this experiment, compression pump technology was used to apply BTO into burrows made and colonised by the voles.

A BTO repellency effect was observed in terrarium housed field voles. However, avoidance of BTO treated apple branches was observed provided there were untreated branches available. Similarly, voles in the apple orchard injured BTO treated apple stems only when untreated trees were not available or when the vole population density was peaking. Although no toxic effects were observed, BTO treatment repelled water voles from their burrows. However, following BTO treatment, water voles moved to other parts of the lawn and started to make new burrows. At the end of the season's treatments, the water vole population was still active and able to colonise new areas of the lawn in the same garden. Thus, BTO can not be used as the only mean to control water voles. For control of field voles, different kind of oil formulates and application technologies should be studied before the usability of BTO as repellent can be assessed.

---

*Key words: birch tar oil, plant protection, biological control, repellent, vole, Arvicola terrestris, Microtus agrestis*

---

## Johdanto

Lajintunnistus on myyrätorjunnan ja siihen liittyvän tuotekehityksen perusta. Pihamaan myyristä vesimyyrä (*Arvicola terrestris*) on suurin. Se voi kasvaa jopa yli 20-senttiseksi ja neljänneskilon painoiseksi. Hännän pituus on suunnilleen puolet ruumiin pituudesta. Selkäpuolelta vesimyyrä on usein tummanharmaa, vatsapuolelta vaaleampi. Vesimyyrän tapoihin kuuluu käytävien kaivaminen ja multakasojen teko sekä ruoan varastointi tunneliverkostoon. Varastojen turvin myyrä selviää hengissä koko talven.

Peltomyyrä (*Microtus agrestis*) on tavallisin viljelysmailla tavattava myyrä. Sen lyhyet korvat tuskin erottuvat karvan joukosta. Yleisväritys on ruskean harmaa ilman selkeitä värirajoja. Hännässä ei myöskään ole selvää värirajaa. Ruumiin pituus on noin kymmenen senttiä ja häntä on 2-4 senttiä pitkä. Peltomyyrät syövät heinäkasveja ja voikukanlehtiä. Talvella niille kelpaavat myös siemenet ja puun kuori.

Metsämyyrä (*Clethrionomys glareolus*) on selästään punaruskea ja vatsastaan harmaa jyrsijä, joka käyttää hyvin monenlaisia elinympäristöjä. Sitä tavataan kaikenlaisissa metsissä ja pensaikkoalueilla, mutta laji viihtyy myös pellonreunoissa ja puistoissa. Kesäaikaan vihreät kasvinosat ovat tärkeitä metsämyyrän ravinnossa. Se syö myös hyönteisiä ja marjoja sekä puun kuorta. Syksyisin metsämyyrät voivat tunkeutua sisään kellareihin ja varastoihin syömään varastoituja perunoita, omenoita ja kukkasipuleita.

Maamyyrä tai kontiainen (*Talpa europaea*) on maanalaisissa koloissaan viihtyvä musta hyönteissyöjä, joka kaivaa maahan käytäviä ja tekee mullasta kekoja maan pintaan. Se ei ole kasveja syövä tuholainen, mutta voi aiheuttaa vahinkoa kaivamalla kasvien juuristoon käytäviä sekä pilaamalla kasoillaan nurmikoita.

Myyräkannan (metsämyyrä, peltomyyrä) vaihtelut ovat pitkään seuranneet kolmen vuoden sykliä (Myllymäki 1977). Alueellisia ja ajallisia vaihteluita toki esiintyy, mutta varsinkin alueilla, missä säännöllisesti on havaittu myyrätuhoja, tämä kolmen vuoden jaksotus pitää paikkansa. Vesimyyrällä ja kontiaisella ei vastaavanlaisia voimakkaita kannanvaihteluita esiinny. Edellinen myyrähuippu koettiin vuosina 2005–2006. Silloin myyrät aiheuttivat huomattavia tuhoja varsinkin Etelä- ja Itä-Suomessa. Vuoden 2008–2009 myyrätuhot tulevat jo tämänhetkisten havaintojen perusteella olemaan vieläkin laajemmat. Tuhojen lopullinen laajuus selviää kuitenkin vasta lumien sullettua keväällä.

Kannanvaihteluista huolimatta kannattaa monivuotisia kasveja suojata myyriltä joka vuosi. Myyräkantojen ollessa huipussaan on syytä entisestään tehostaa torjuntaa.

Myyrien aiheuttamia tuhoja voidaan estää suojaamalla taimia ns. taimisuojuilla tai karkotteella (Mota). Loukkupyynnilläkin voidaan myyräpainetta vähentää. Ainoa markkinoilla ollut myyrien torjuntaan hyväksytty torjunta-aine (Klerat-myyränsyötti) poistui markkinoilta vuoden 2009 alusta.

Taimisuojujen käyttö on tehokas toimenpide, jolla voidaan suojata taimia myyrien aiheuttamia tuhoja vastaan. Suojien käyttö on verrattain työlästä. Asentamisen lisäksi olisi käytävä vähintään kerran syksyllä ja keväällä tarkastamassa, että suojat ovat kunnossa. Tukikepit ovat saattaneet liikkua ja taimisuoja siirtynyt niin, että myyrät pääsevät alakautta vioittamaan taimia (Henttonen 2001).

Loukkupyynti on myös työläs menetelmä vähentää myyriä, mutta se onnistuu varsinkin pienillä alueilla. Loukkupyynnissä voidaan käyttää joko ns. tappoloukkuja tai elävänä pyydystäviä loukkuja. Syöttinä loukuissa voidaan käyttää esim. kuivahedelmiä. Loukut täytyy käydä tarkastamassa päivittäin

Mota-karkotteella (hyväksytty hirvieläinten ja myyrien karkottamiseen) voidaan myös suojata taimia myyrien tuhoilta. Myyräkantojen ollessa huipussaan ei karkote kuitenkaan anna täyttä suojaa tuhoja vastaan. Mota-karkotteen myynti päättyy vuoden 2009 lopussa. Myös muita karkotteita on tutkittu myyrien karkottamiseen (Curtis ym. 2002). Tutkimukset jatkuvat edelleen.

Tässä tutkimuksessa tehtyjen kokeiden tavoitteena oli saada näyttöä koivutisleen myyriä karkottavasta vaikutuksesta. Tisleet levitettiin siveltimellä (terraariokokeet), ruiskutteena selässä kannettavalla ruiskulla (omenatarha) sekä ruiskutteena paineilmaruiskulla (vesimyyrät). Jatkotutkimuksia tarvitaan, jotta voitaisiin osoittaa koivutisleen tehon kannalta parhaat käsittelyajankohdat, tarvittavat toistokäsittelyt, käyttömäärät ja mahdollisesti myös käyttöväkyydet ja formaatit. Samaan aikaan on syytä kehittää koivutisleen levitystekniikkaa erilaisiin kohteisiin sopivaksi.

# Aineisto ja menetelmät

## Peltomyyrä

Terraariokoetta varten pyydystettiin aikuisia peltomyyriä ”Ugglan-loukuilla” Ypäjällä sijaitsevalta kesantopelloilta. Myyrät (30 kpl) saivat liikkua vapaasti terraariossa (16 m<sup>2</sup>). Terraarion lattialle levitettiin olkea kasaksi, jonka sisään myyrät saattoivat mennä suojaan. Myyrille syötettiin juureksia ja porsasherkkua, joiden lisäksi niille oli jatkuvasti puhdasta juomavettä tarjolla. Kokeen ensimmäisessä osassa terraarioon sijoitettiin omenapuunoksia kahdeksaan (8) kohtaan tasaisin välein seinien viereen. Oksat kiinnitettiin naruilla 22 x 22 x 40 cm metallikehikkoon (etteivät myyrät kuljettaisi oksia olkien alle piiloon). Puolet oksista siveltiin 100-prosenttisellä koivutisleellä (CCF Oy:n pyrolyysituote). Joka toiseen kehikkoon kiinnitettiin tisleellä käsiteltyjä oksia ja joka toiseen käsittelemättömiä oksia. Myyrillä oli kokeen aikana myös muuta ravintoa (juureksia, porsasherkkua) saatavilla. Kokeen kesto oli yksi (1) vuorokausi ja sinä aikana jyrsimäjäljet tarkastettiin useita kertoja. Kokeen jälkeen myyrät siirrettiin kasvatuslaatikoihin (6 myyrää/laatikko).

Kokeen toisessa osassa käytettiin uusia myyriä. Koejärjestelyt olivat muuten vastaavat kuin ensimmäisessä osassa, mutta kaikki muu ravinto (porsasherku, juurekset) poistettiin terraariosta 36 tuntia ennen kokeen aloittamista. Kokeen jälkeen myyrät siirrettiin kasvatuslaatikoihin (6 myyrää/laatikko).

Koivutisleen tehoa omenapuiden myyrätuhoja vastaan kokeiltiin syksyllä 2005 Mikkelissä. Koealueelle (n.1 ha) oli istutettu omenapuun taimia vuonna 2004, ja ne oli suojattu rungonsuojilla. Koivutislettä (100 %) levitettiin käsipumpulla toimivan reppuruiskun avulla taimien runkoon n. 60 cm korkeuteen maasta. Ennen käsittelyä oli satanut n. 10–15 cm lunta ja ruiskutuksen aikana pakkasta oli -2 astetta. Myyräpaine oli alueella korkea (Metla 2005) ja rungoissa näkyi myyrien aiheuttamaa vioitusta jo ennen tislekäsitelyä.

## Vesimyyrä

Vesimyyrän karkottamista koivutisleellä kokeiltiin Kalsun kartanon pihanurmikoilla Forssassa vuosina 2006–2007. Vesimyyrät olivat vallanneet kartanon päärakennuksen yläpuolella olevan nurmikkoalueen (n. 3 aaria) ilmeisesti jo syksyllä 2005. Lumen sulamisen myötä paljastui keväällä 2006 nurmikolta kymmenittäin ”myyräkekoja” (Kuva 1). Alue oli vesimyyrän kannalta otollinen, koska nurmikko oli perustettu vanhalle metsäpohjalle, jonka päälle oli levitetty n. 15 cm paksu kuohkea multakerros. Ennen tislekäsitelyä myyräkeot paikannettiin GPS-laitteella. Tislekäsitelyjen jälkeen tehdyt uudet keot merkittiin ja paikannettiin, jotta voitiin seurata miten koivutis-

lekäsittely vaikutti vesimyyrien liikkumiseen tunneliverkostossa. Koivutisle levitettiin myyräkäytäviin MTT:n ja CCF:n kehittämällä ruiskutuslaitteistolla. Myyräkeot avattiin varovasti muurauskauhan avulla ennen tislekäsittelyä, jotta vesimyyrien kaivamien käytävien suut saatiin paljastettua. Ruiskun pitkä suutinputki työnnettiin käytävään ja tisle sumutettiin paineella koko onkaloverkostoon. Tislettä käytettiin n. 1 dl/käytävä. Tisleen kulkua käytävissä voitiin arvioida avatuista aukoista nousseen tislehöyryn perusteella. Käsittelyn jälkeen käytävien suut peitettiin mullalla ja tiivistettiin jalalla painaen. Vuosien 2006–2007 aikana toistettiin käsittelyt useita kertoja sitä mukaa, kun uusia myyräkekoja oli jälleen ilmaantunut (10-20 kpl) koealueelle.



Kuva 1. Kokeen alkutilanne keväällä 2006. Vesimyyrä oli vallannut yhden kolmesta uudesta nurmikosta kokonaan. (Kuvaaja: Merja Ritamäki)

# Tulokset ja tulosten tarkastelu

## Koivutisleen vaikutus peltomyyrään

Terraariossa tehdyt kokeet osoittivat, että myyrät jyrivät kauttaaltaan käsittelemättömät omenapuun oksat, vaikka muutakin ravintoa oli saatavilla (Kuvat 2 ja 3). Koivutisleellä käsiteltyjä oksia myyrät eivät jyrineet (Kuva 4). Jos myyrille annettiin ainoastaan omenapuun oksia ravinnoksi, ne jyrivät ensin käsittelemättömät oksat ja vasta sitten, kun mitään muuta ravintoa ei ollut, myös koivutisleellä käsiteltyjä oksia (Kuva 5).



Kuva 2. Käsittelemättömät omenapuun oksat maistuivat terraariossa olleille myyrille, vaikka muutakin ravintoa oli saatavilla. (Kuvaaja: Bengt Lindqvist)



Kuva 3. Käsittelemättömät oksat katosivat 3-4 tunnissa ja vain narut jäivät roikkumaan telineistä. (Kuvaaja: Bengt Lindqvist)





Kuva 4. Tisleellä käsitellyt oksat saivat olla rauhassa niin kauan kuin muuta ravintoa oli saatavilla. (Kuvaaja: Bengt Lindqvist)



Kuva 5. Kokeen lopussa myös koivutisleellä käsitellyt oksat kelpasivat, kun muuta ravintoa ei ollut saatavilla. (Kuvaaja: Bengt Lindqvist)

Mikkelissä omenatarhalla tehdyt kokeet osoittivat, että mikäli myyrillä on muuta ravintoa riittävästi, ei koivutisleellä käsitellyissä omenapuun taimissa havaittu peltomyyrien aiheuttamaa vioitusta. Populaatiotiheyden ollessa erittäin korkea havaittiin selviä vioituksia myös koivutisleellä käsitellyissä omenapuun taimissa (Kuva 6). Tislekäsittelyn ajankohta Mikkelissä oli liian myöhäinen, koska myyrätuho oli alkanut jo syksyllä ennen tislekäsittelyä.



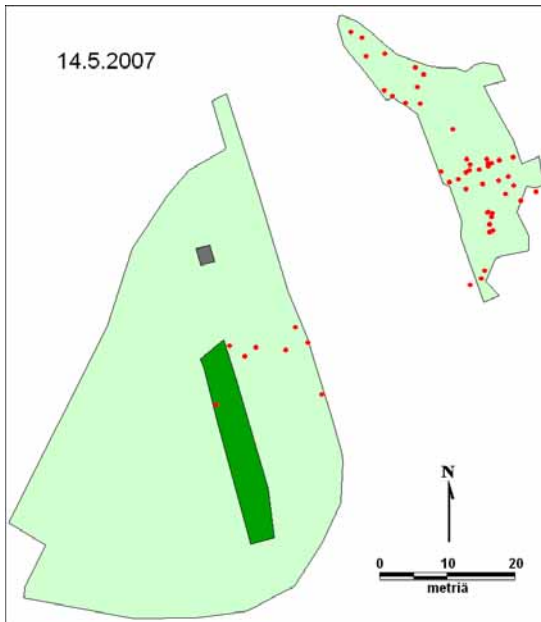
Kuva 6. Myyrien aiheuttamat tuhot omenapuun taimilla paljastuivat lumien sulettua keväällä 2006. Tisleruiskutus ei estänyt runkojen syöntiä siellä missä myyriä oli paljon. Osa puista säilyi terveinä. (Kuvaaja: Sanna Kauppinen)

## Vesimyyrä

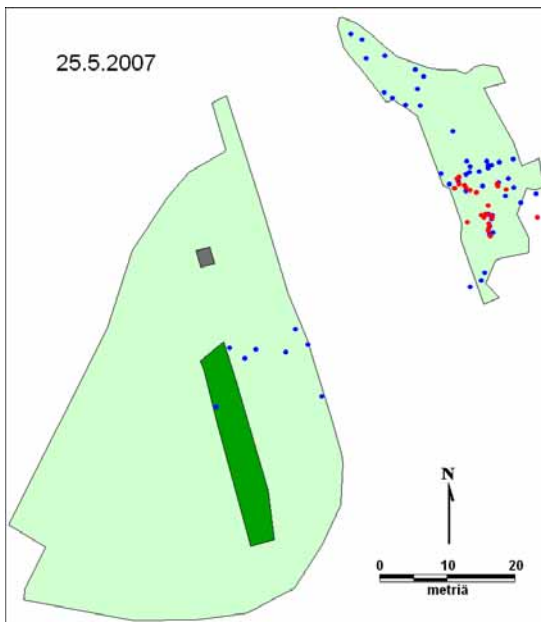
Ruiskuttamalla koivutislettä kovalla paineella vesimyyrien koloihin ja käytäviin saatiin vesimyyrät tehokkaasti karkotettua niiden valtaamilta nurmikko-alueilta. Tehokkaalla levityskalustolla höyry levisi jopa 10–15 m vesimyyrien käytävissä (höyry nousi ylös toisista myyräkeoista). Myyrät siirtyivät käsittelyjen nurmikoiden reuna-alueille ja aloittivat uusien käytävien ja kekojen teon (Kuva 7). Mikäli käsittelyä ei uusittu, myyrät palasivat loppukesästä pikkuhiljaa takaisin aikaisemmin käsitellyille alueille (Kuvat 8-13).



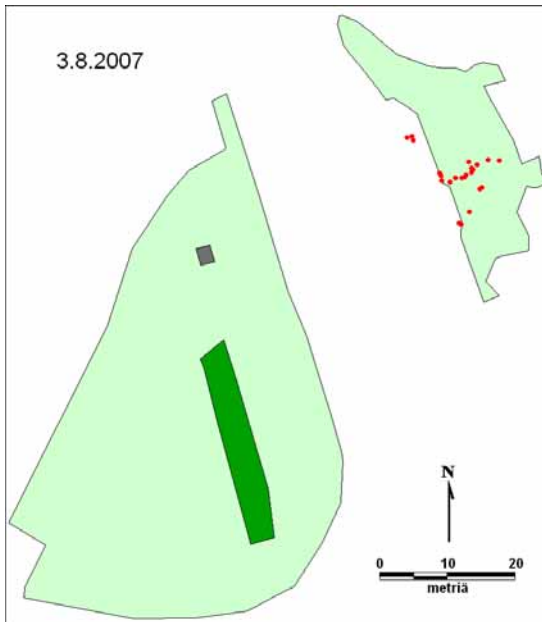
Kuva 7. Ensimmäisen koivutislekäsittelyn jälkeen (2006) vesimyyrät siirtyivät nurmikon reuna-alueille. Nuoli osoittaa paikan, jossa vesimyyrä on tehnyt uuden multakasan. (Kuvaaja: Kari Tiilikkala)



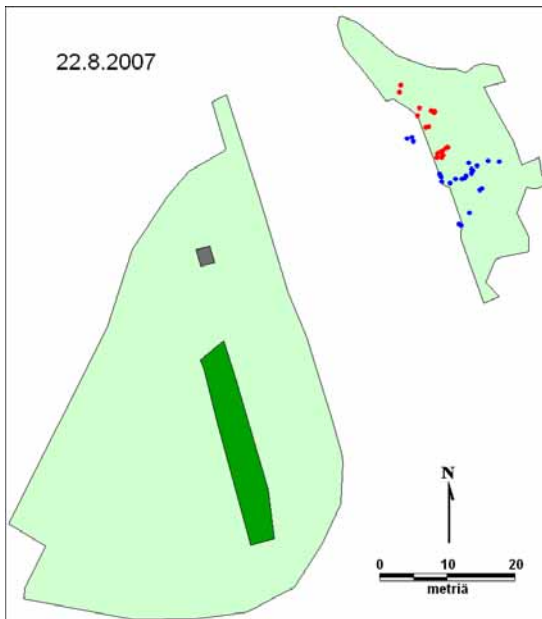
Kuva 8. Toukokuun tilanne vesimyyrän valtaamalla nurmikoilla keväällä 2007 ennen tislekäsittelyä. Nurmikolla olleiden maakasojen paikat on merkitty punaisilla pisteillä ja nurmikot vaalean vihreällä.



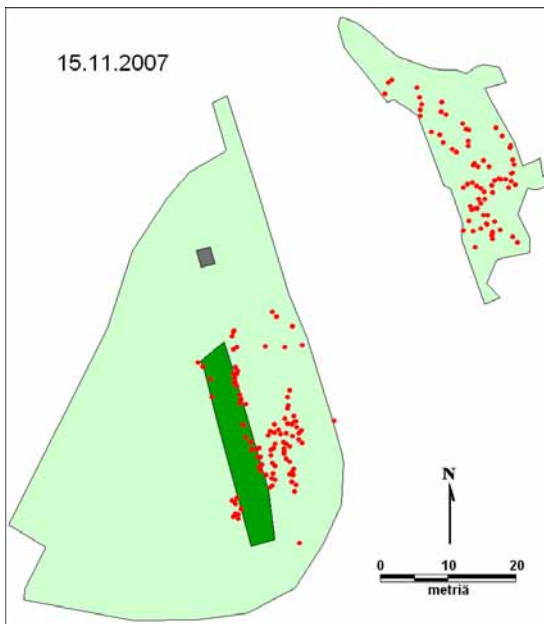
Kuva 9. Toukokuussa tehdyn käsittelyn vaikutus myyrien tekemien maakasojen sijaintiin: uudet, tislekäsittelyn jälkeen tehdyt maakasat on merkattu punaisilla ja edelliset, tisleellä käsitellyt kasat sinisillä pisteillä.



Kuva 10. Elokuussa tehtyä tislekäsittelyä edeltänyt tilanne koepaikan nurmikoilla. Punaiset pisteet osoittavat myyrien tekemien maakasojen paikat.



Kuva 11. Elokuussa tehdyn tislekäsittelyn tulos koepaikan nurmikoilla: myyrät siirtyivät käsitellyltä alueelta (sinisellä merkityt kasapaikat) käsittelemättömälle nurmikolle (punaiset pisteet ovat uusien kasojen paikkoja).



Kuva 12. Myyrät valtasivat uudet (alempi nurmikko) ja vanhat nurmikot muutamassa kuukaudessa sen jälkeen, kun torjuntatyö oli lopetettu (maakasojen paikat on merkattu punaisilla pisteillä).



Kuva 13. Talvella 2007–2008 vesimyyrät siirtyivät talon yläpuolella olleelta nurmikolta (tisleellä 2006–2007 käsitellyltä koealueelta) uudelle nurmelle. Kuva on otettu tammikuussa 2008, jolloin leuto talvi suosi ”myyräntyön” jatkumista poikkeuksellisen pitkään roudattomassa maassa. (Kuvaaja: Hannu Ojanen)

## Tulosten tarkastelu

Kokeissa saatiin selviä viitteitä siitä, että koivutisleellä on karkottava vaikutus peltomyyriin. Tisle suojaa kohtalaisen hyvin esimerkiksi taimia myyrien aiheuttamilta tuhoilta, mikäli vaihtoehtoista ravintoa on saatavilla. Se ei kuitenkaan tee ravintoa täysin kelpaamattomaksi varsinkaan silloin, kun myyräpopulaatio on erittäin suuri ja myyrät ovat nälkiintyneitä. Vesimyyriä koivutisle karkotti myös tehokkaasti ainakin hetkellisesti. Myyrät siirtyivät pois käsitellyiltä alueilta, mutta palasivat myöhemmin takaisin. Tisle ei tapa myyriä eikä siten vaikuta populaation kokoon. Lisätutkimuksia koivutisleen käytökelpoisuudesta tarvitaan vielä runsaasti ja yhteiskäyttöä muiden menetelmien kanssa pitää kokeilla. Uusille menetelmille on tarvetta, kun markkinoilla vuosia olleet jyräjantorjunta- ja karkotevalmisteet ovat jääneet tai jäämässä pois markkinoilta. MTT:n ja CCF Oy:n yhdessä kehittämän koivutisleen levityslaitteiston käyttö on hyvin mahdollista myös muiden jyräjöiden kuin myyrien karkottamiseen. Laite sopii nesteiden sekä jauheiden ruiskuttamiseen maassa oleviin onkaloihin ja käytäviin niin, että torjunta-aineet eivät jää maan pintaan esim. lemmikkieläinten saataville

## Kirjallisuus

- Curtis, P.D., Rowland, E.D. & Good, G.L. 2002. Developing a plant-based vole repellent: screening of ten candidate species. *Crop Protection* 21(4): 299–306.
- Henttonen, H. 2001. Myyrätuhojen näkymiä. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2001: 284–289.
- Metla 2005. Myyräkannat vahvassa kasvussa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedotteet. Saatavissa internetissä: <http://www.metla.fi/tiedotteet/2004/2004-11-18-myyrat.htm>.
- Myllymäki, A. 1977. Outbreaks and damage by the field vole, *Microtus agrestis* (L.), since World War II in Europe. *EPPO Bulletin* 7: 177–208.

# Koivutisleen vaikutus maaperäeliöihin ja kasveihin

Marleena Hagner<sup>1)</sup>, Tiina Pasanen<sup>1)</sup>, Heikki Setälä<sup>1)</sup>,  
Unto Nikunen<sup>2)</sup> ja Kari Tiilikkala<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Ympäristöekologian laitos, Helsingin yliopisto, Niemenkatu 73, 15140 Lahti, marhage@jippii.fi, tiinaop@gmail.com, etunimi.sukunimi@helsinki.fi

<sup>2)</sup>MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Rillitie 1, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

## Tiivistelmä

Koivutisle on grillihiilituotannon sivutuote, jonka käyttö kasvinsuojeluaineena on uusi innovaatio. Näin ollen tisleen ja koivutervan vaikutuksista maaperäeliöihin ei ole ollut tutkimustietoa. Torjunta-aineiden ympäristövaikutuksiin liittyvät tiedot ovat tärkeitä, koska synteettisten torjunta-aineiden haittavaikutukset ovat herättäneet yleisen huolestumisen kasvinsuojelun haitallisuudesta. Lisäksi EU:n uuden torjunta-ainepolitiikan päätavoitteena on löytää haitattomia torjuntavaihtoehtoja ja aineita. Myös ympäristövaikutuksia osoittavat tiedot ovat välttämättömiä, kun haetaan rekisteröintiä kasveista valmistettaville kasvinsuojeluaineille ja biosideille.

Tutkimme tässä koesarjassa koivutisleen ekotoksisia vaikutuksia maaperän hyötyeliöihin ja kasveihin. Osa kokeista tehtiin laboratoriotutkimuksina ja osa kenttäkokeina. Tisleen LC<sub>50</sub>-arvot määritettiin lierotesteissä (*Aporraectodea caliginosa*) sekä hyppyhäntäisten (*Folsomia candida*) lisääntymistutkimuksissa.

Tulokset osoittivat, että koivutisle ei ole haitallista maaperän hyötyeliöille. Koivutisleellä käsitellyt testikasvit vioittuivat, mutta toipuivat tisleen vaikutuksista kahdessa ja puolessa kuukaudessa. LC<sub>50</sub>-arvo oli lierotestissä 6560 mg tislettä/kg maata ja EC<sub>50</sub>-arvo oli 5100 mg/kg tutkittaessa tisleen vaikutusta hyppyhäntäisten lisääntymiseen. Nämä tulokset tarkoittavat käytännössä sitä, että tislekäsittelyn (konsentraatiot 500–1360 l/ha) aiheuttamat riskit maaperän hyötyeliöille ovat merkityksettömiä ja lyhytaikaisia verrattuna perinteisten synteettisten kemikaalien aiheuttamiin riskeihin. Kasviperäiset aineet ovat siten tärkeä osa teknologiakehitystä, jolla voidaan vähentää kasvinsuojelun ympäristöhaittoja.

---

*Avainsanat: koivutisle, kasvinsuojelu, biologinen torjunta, ympäristöriskit, arviointi, maaperäeliöstö, lierot, hyppyhäntäiset*

---



# Effects of birch tar oil on soil organisms and plants

Marleena Hagner<sup>1)</sup>, Tiina Pasanen<sup>1)</sup>, Heikki Setälä<sup>1)</sup>,  
Unto Nikunen<sup>2)</sup> and Kari Tiilikkala<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Ecological and Environmental Sciences, University of Helsinki, Niemenkatu 73, FI-15140 Lahti, Finland, marhage@jippii.fi, tiinaop@gmail.com, firstname.lastname@helsinki.fi

<sup>2)</sup>MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Rillitie 1, FI-31600 Jokioinen, Finland, firstname.lastname@mtt.fi

## Abstract

The use of botanically derived birch tar oil (BTO) is a new innovation in plant protection for the biocontrol of various weeds, harmful insects and rodents. Due to its novelty as a plant protection product, a lack of comprehensive information concerning the effects of BTO on non-target soil organisms is available. In this study we examined the impact of BTO on non-target soil organisms (*Aporrectodea caliginosa*, *Folsomia candida*) and plants (*Poa* sp., *Festuca* sp., *Taraxacum officinale*, *Trifolium repens*, *Aegopodium podagraria*) using laboratory toxicity tests and field experiments. In addition, we determined the LC<sub>50</sub> values of BTO to the earthworm (*Aporrectodea caliginosa*) and to offspring production of the collembolan (*Folsomia candida*).

Overall, our results showed that the effects of BTO on soil fauna were mostly insignificant when compared to results obtained for control studies. Initially, BTO appeared detrimental to the growth of plants directly after application, however, this effect was short-term; after a period of 2.5 months, the growth of most of the plant species recovered completely from the original application. The LC<sub>50</sub> for *A. caliginosa* was 6560 mg BTO/kg dry soil and EC<sub>50</sub> for juvenile production of *F. candida* was 5100 mg BTO/kg dry soil. The results indicate that the risk caused by BTO (concentration 500–1360 L/ha) to the soil environment is insignificant and short-term as compared to the many chemical products applied for similar purposes. These substances could be listed as “Minimal Risk Pesticides” as many essential oils in USA.

---

*Key words: birch tar oil, plant protection, biocontrol, enchytraeid, nematode, soil ecotoxicology*

---



## Johdanto

Torjunta-aineiden haitalliset ympäristövaikutukset, joita on todettu monissa tutkimuksissa (Bünemann ym. 2006) ovat muuttamassa EU:n torjunta-ainepolitiikkaa. Erityisesti vesistöihin ja pohjavesiin kohdistuvia riskejä halutaan vähentää. Eräänä tärkeänä tavoitteena on korvata synteettiset kemikaalit luonnon omilla torjuntakeinoilla ja niihin perustuvilla teknologioilla (<http://ec.europa.eu/environment/ppps/home.htm>). Koivutisle on suomalainen vaihtoehto ja innovaatio, jonka potentiaali kasvinsuojeluaineena ja biosidina on todettu useissa tämän hankekokonaisuuden tutkimuksissa. Käytön innovatiivisuudesta ja aiheen uutuudesta johtuen ei tisleen mahdollisista haittavaikutuksista kasvinsuojeluaineena ole tehty tutkimuksia eikä siitä siten ole saatavissa julkaistua tietoa. Myös tisleen kemiallinen koostumus on pääosin tutkimatta ja tiedetään vain, että pääosa on fenolisia yhdisteitä. Myös monilla haihtuvilla yhdisteillä voi olla suuri merkitys kasvinsuojelussa sekä toisaalta myös maaperäeliöstön kohdistuvissa vaikutuksissa.

Kansainvälisten määräysten ja sopimusten mukaisesti (EC 1996), kemiallisten yhdisteiden ympäristövaikutukset pitää tutkia ja osoittaa ennen tuotteiden myyntiä. Sama velvoite koskee myös luonnon materiaaleista eristettyjä yhdisteitä ja niiden käyttöä kasvinsuojeluaineina ja biosideinä. Tässä koesarjassa tutkittiin koivutisleen vaikutusta maaperäeliöihin ja käytettiin kahta, viskositeetiltaan erilaista tislettä, jotka saatiin Charcoal Finland Oy:n pyrolyysiprosessista. Kokeissa käytetty tisle oli grillihiilivalmistuksen sivutuote, josta kokeisiin otettiin kaksi eri fraktiota: BTO1 (juokseva neste) ja BTO2 (tervaomainen neste).

Maaperäeliöihin liittyvässä tutkimuksessamme oli kolme päätavoitetta:

- 1) osoittaa koivutisleen ekotoksikologiset (ympäristölle myrkylliset) vaikutukset maaperän hyötyeliöille ja kasveille
- 2) osoittaa millä annoksella ( $LC_{50}$ ) puolet koe-eliöstä kuolee (peltoliero *Aporrectodea caliginosa*)
- 3) sekä tutkia mikä on se tislemäärä (NOEC), joka ei haittaa hyppyhäntäisten (*Folsomia candida*) lisääntymistä.

## Aineisto ja menetelmät

### Kenttäkokeet

Koivutisleen ympäristövaikutuksia tutkittiin maaperän pieneliöstön ja kasvien tilaa seuraamalla. Kohteena olivat eri trofiatason (ravintoketjun tasot) eliöt: peltoliero, sukkulamadot ja maamikrobit.

Ensimmäisessä kokeessa, joka oli ns. puutarhakoe, oli kuusi 2 m<sup>2</sup> suuruista ruutua, jotka ympäröitiin puuaidalla (korkeus 30 cm). Koeruudut perustettiin Lahden kaupungissa viiteen puutarhaan, joissa pääkasveina olivat nurmikot *Poa* sp. ja nadat *Festuca* sp. (Poaceae), voikukka *Taraxacum officinale* (Asteraceae) ja valkoapila *Trifolium repens* (Fabaceae). Yhdessä paikassa vuo-henputki *Aegopodium podagraria* (Apiaceae) kasvilaji oli vallitsevana. Tisleen hajoamista maassa tutkittiin ns. kariketestillä samassa koepaikassa.

Kokeissa oli kolme erilaista ruiskutus käsittelyä: 1) BTO1 (500 l/ha), 2) BTO2 (500 l/ha) ja 3) vesijohtovesi. Kaikki koeaineet ruiskutettiin kertaal-leen kokeen alussa. Kuivumisen estämiseksi koeruudut kasteltiin kerran vii-kossa vedellä (2 l/ruutu). Jokaisesta koeruudusta otettiin kaksi maanäytettä (Ø 5 cm, 5 cm syvyys) neljä kertaa kokeen aikana (9, 17, 38 ja 70 päivää kokeen alusta). Maanäytteet varastoitiin (1–20 päivää) 5 °C lämpötilassa, prosessoitiin laboratoriossa standardimenetelmin sukkulamatojen laskentaa ja nivelmatojen biomassamittausta varten. Tisleen vaikutus kasveihin (kasvilli-suuskate prosentteina pinta-alasta) arvioitiin maanäytteitä otettaessa. Viimei-sen näytteenoton yhteydessä kerättiin kasvit 50 x 50 cm<sup>2</sup> alalta jokaisesta koeruudusta ja samalla poistettiin maan pintaan laitettut karikepusit punnitus-ta varten.

Toisessa, ns. peltokokeessa, käytettiin MTT:n koekenttää, joka oli Toholam-min huuhtoutumiskentän osa. Peltokasvien viljelyyn käytetylle lohkolle mer-kattiin kymmenen ruutua (1 m x 2 m). Viisi ruutua ruiskutettiin tisleellä (BTO1 1360 l/ha) kokeen alussa (13. kesäkuuta 2005) ja verranneruudut (5 kpl) ruiskutettiin vedellä (1360 l/ha). Jokaisesta ruudusta otettiin kolme maa-näytettä 4, 10, 20, 29 ja 42 päivän kuluttua kokeen alusta. Kylmälaatikoihin siirretyt näytteet kuljetettiin laboratorioon, jossa laskettiin sukkulamatojen määrä, matojen biomassa sekä mikrobien aktiivisuus sekä biomassa.

## Astiakokeet

Koivutisleen (BTO1) vaikutus maaperäeliöihin ja kasveihin tutkittiin myös astiakokeissa. Kokeessa 1 käytettiin 1500 ml lasiastioita (75 kpl), joiden si-sälle laitettiin tuoretta puutarhamaata sekä kylvettiin heinää, lajit olivat pu-nanata (*Festuca rubra*), lampaannata (*Festuca ovina*) ja niittynurmikka (*Poa pratensis*). Koeastiat pidettiin ulkona luonnonvalossa ja lämpötilassa (sade-määrä 147 mm, keskilämpötila +4,3 °C). Tisleet ruiskutettiin astioihin kuu-kauden kuluttua kokeen alusta. Käsittelyt olivat: 1) 100 %:nen BTO1 (500 l/ha), 2) 5 %:nen BTO1 (500 l/ha) ja 3) vesi l (=kontrolli). Jokaisesta koeken-tän kerranteesta (n=5) otettiin viisi astiaa 1, 7, 20, 29 ja 48 päivän kuluttua käsittelyistä. Astioiden sukkulamatomäärät ja biomassat laskettiin standardi-menetelmin. Viimeisen näytekerän jälkeen määritettiin myös kasvien kuiva-painot.

Koe 2 oli identtinen edellisen kanssa, paitsi astia oli muovinen, tilavuus 200 ml (maata 100 g) ja eikä astiaan kylvetty heinää tai muita kasveja. Astiat olivat myös vakiolämpötilassa (+22 °C), pimeässä ja sisätiloissa suojassa sään muutoksilta.

Sukkulamadot eristettiin maanäytteistä (5 g) märkäsuppilomenetelmällä (Sohlenius 1979), ja nivelmadot erotettiin maanäytteistä (30–80 g) O'Connorin (1955) kehittämällä menetelmällä. Sukkulamatojen ja nivelmatojen määrät laskettiin mikroskooppia käyttäen.

Mikrobien aktiivisuus estimoitiin hengitysmittausten avulla ja biomassa SIR -menetelmän mukaisesti (Anderson & Domch 1978). Puutarhakokeen maa-mikrobiston perushengitys (engl ”basal respiration) mitattiin respirometrillä (Nordgren 1988) 5 g maanäytteistä. Peltokokeessa maanäyte oli 100 g, samoin astiakokeessa, jossa maan hengitysaktiivisuus mitattiin EasyQuant inf-rapuna-hiilianalyysaattorilla.

## **Myrkyllisyydestit *Aporrectodea caliginosa* ja *Folsomia candida* -lajeilla**

Koivutisleen (BTO1) LC<sub>50</sub> ja NOEC -arvot lieroille (*A. caliginosa*) perustuvat peltomaasta otetuilla lieroilla tehtyihin kokeisiin (NOEC = korkein vaikuttamaton mitattu pitoisuus). Testatut tislekonsentraatiot olivat 2695, 5380, 6725, 8070, 9420, 10760, 12200 ja 13500 mg BTO1/kg kuivaa maata. Lierot poistettiin astioista ja laskettiin 7 ja 14 päivän kuluttua kokeen alusta.

Tisleen (BTO1) vaikutus hyppyhäntäisiin (*F. candida*) tutkittiin kansainväliseen standardin (ISO 1999) mukaisesti kokeessa, johon hyppyhäntäisiin kuuluvat koe-eliöt saatiin Helsingin yliopiston Ympäristöekologian laitoksen kasvatuksista. Testiastiana käytettiin 125 ml lasimaljaa, joissa oli standardin mukaista keinomaata. Kokeessa käytetyt tislekonsentraatiot olivat: 50, 85, 140, 235, 390, 655, 1090, 1820, 3030, 5055, 8425, 14040 ja 23400 mg tislettä/kg maata. Kokeet tehtiin kasvatuskammioissa, joissa eliöt pidettiin 28 päivää, jotta ne ehtivät munia. Hyppyhäntäisten määrät laskettiin kokeen lopussa.

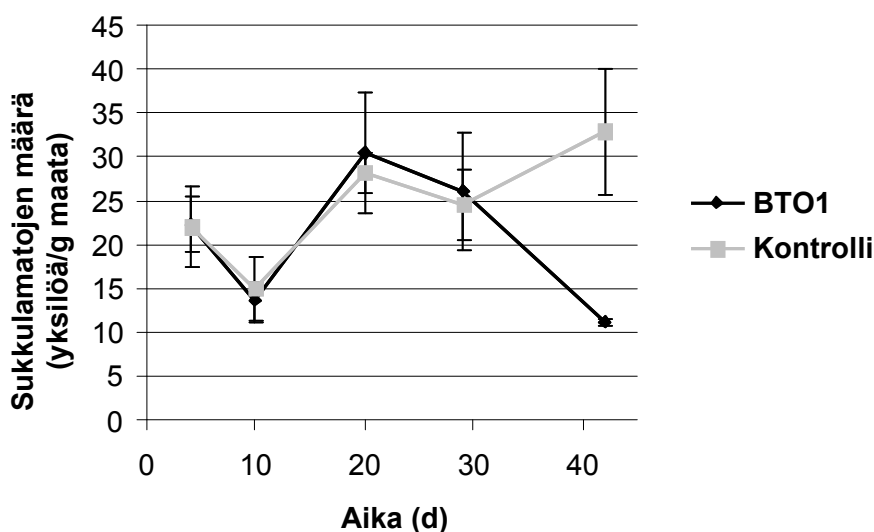
Kaikissa kokeissa saatujen tulosten luotettavuus ja tilastolliset merkitsevyydet analysoitiin SPSS tilasto-ohjelmistolla (SPSS 1999). Kokeiden ja analyysien tarkemmat tulokset esitetään samasta aineistosta tehtävissä tieteellisissä julkaisuissa.

# Tulokset

## Tisleen vaikutus maan pieneliöstölle

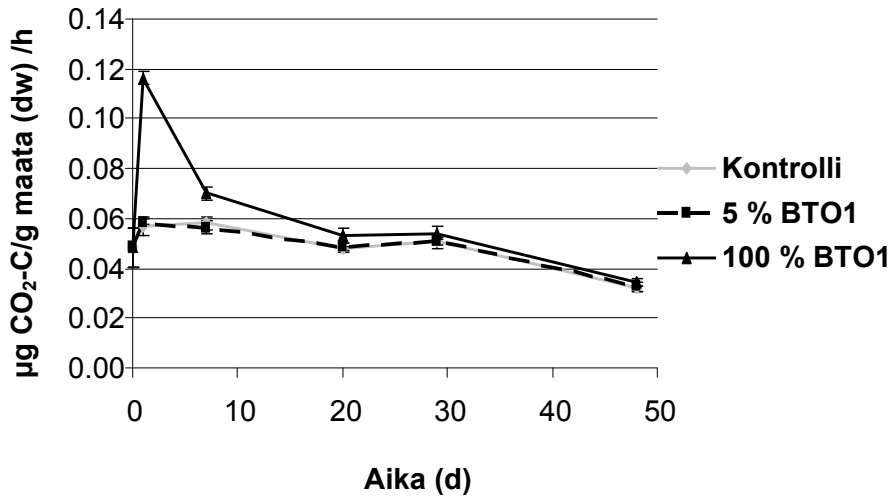
Tisleellä ei ollut vaikutusta änkyrimatojen määrään puutarhamaassa eikä niiden biomassaan Toholammin kenttäkokeessa.

Vastaavasti tisle ei vaikuttanut änkyrimatojen biomassaan astiakokeessa eikä sukkulamatojen määrään puutarha- ja astiakokeessa. Toholammilla sukkulamatojen määrät laskivat kokeen lopussa kontrolliin verrattuna, mahdollisesti siksi, että tisleellä käsitellyissä ruuduissa ei ollut kasviraivintoa samassa määrin kuin käsittelemättömissä ruuduissa (Kuva 1). Tisle toimi herbisidinä.

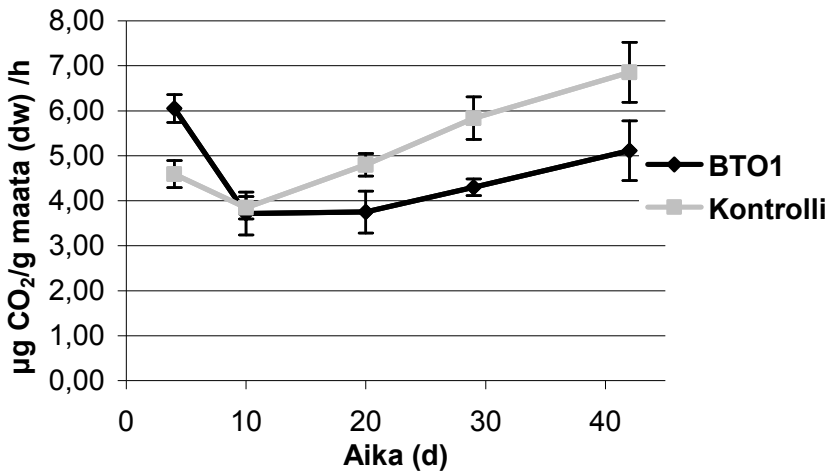


Kuva 1. Toholammin kenttäkokeen sukkulamatomäärät (yksilöä/g maata, keskiarvot  $\pm$  S. D., n=5). BTO1 osoittaa tisleellä käsitellyn ja kontrolli käsittelemättömän ruudun sukkulamatojen määrät. Aika on ilmoitettu päivinä kokeen alusta.

Tisleellä (BTO1) ei ollut vaikutusta mikrobien bioaktiivisuuteen. Tosin, 100 %:nen tisle lisäsi hengitystä ensimmäisenä päivänä käsittelyn jälkeen maassa, jossa ei ollut kasveja (Kuva 2). Kenttäkokeessa todettiin tisleen positiivinen vaikutus eli tislerruiskutus lisäsi maan mikrobiaktiivisuutta heti käsittelyn jälkeisinä päivinä (Kuva 3). Myöhemmin (9 päivää) samaa vaikutusta ei ollut enää havaittavissa (Kuva 3).



Kuva 2. Koivutisleen (BTO1) vaikutus mikrobin aktiivisuuteen astiakokeessa, jossa ei ollut kasveja mukana (keskiarvot + S. D., n=5). Aika (vaaka-akselilla) on ilmoitettu päivinä kokeen alusta ja bioaktiivisuus hiilidioksidin määränä/g maata/tunti (pysty akseli).



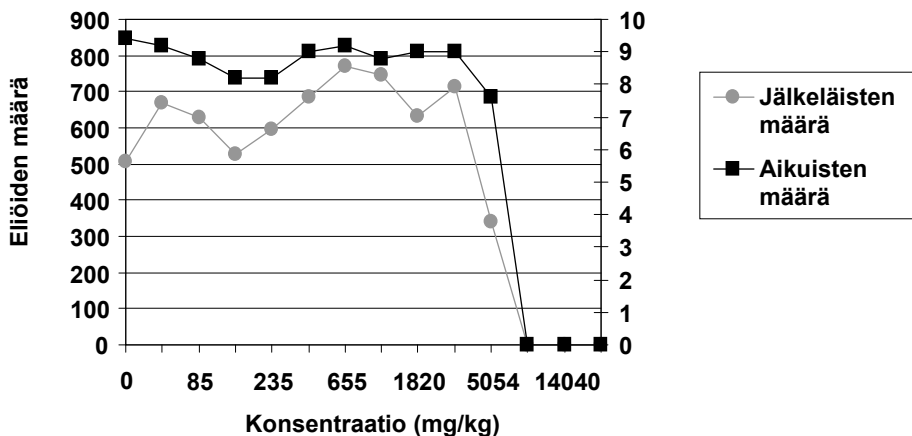
Kuva 3. Koivutisleen (BTO1) vaikutus maan mikrobiologiseen aktiivisuuteen Toholammin kenttäkokeessa (keskiarvot ± S. D., n=5). Aika on vaaka-akselilla päivinä kokeen alusta ja bioaktiivisuus maasta vapautuneena hiilidioksidimääränä.

## Koivutisleen vaikutus kasveihin

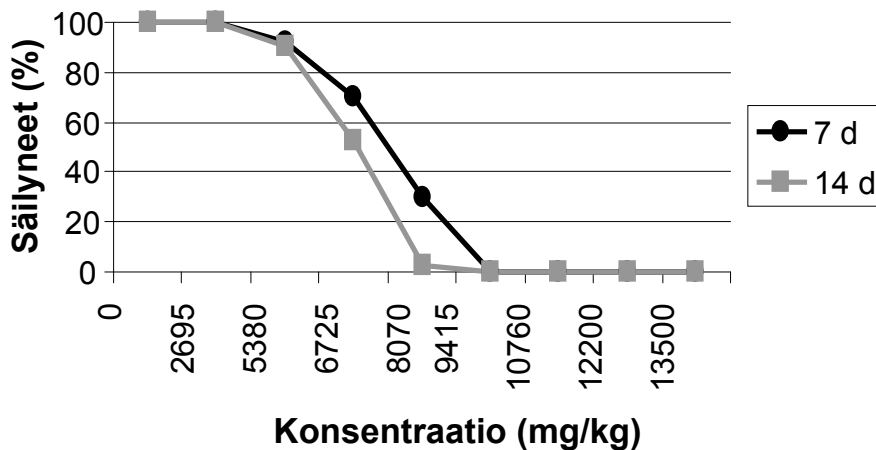
Kasvit alkoivat vioittua heti tisleeruisikutusten jälkeen. Puutarhakokeessa 40 % kasveista kuihtui BTO1 ruiskutuksen jälkeen ja 60 % BTO2 ruiskutuksen jälkeen. Noin kuukauden kuluttua kasvit alkoivat toipua kaikissa ruuduissa ja 2,5 kuukauden kuluttua ei käsittelyjen välillä ollut eroja. Poikkeuksena oli tisleelle herkkä vuohenputki (*Aegopodium podagraria*), josta vain 5 % toipui BTO2-käsitellyissä ruuduissa ja 40 % BTO1-ruuduissa. Tisleeruisikutukset eivät muuttaneet kasvilajien suhdetta eivätkä siten koeruutujen monimuotoisuutta.

Astiakokeissa 100 % tisleeruisikutuksella (BTO1) oli selvästi haitallinen vaikutus kasvien biomassaan, jota oli 84 % vähemmän kuin kontrollissa vielä 50 päivän kuluttua käsittelystä. Alhainen tislekonsentraatio (5 %) ei vaikuttanut kasvibiomassaan.

Testieläinten *Aporrectodea caliginosa* ja *Folsomia candida* kuolleisuutta osoittavat  $EC_{50}$ -arvot näyttivät selvästi, että vain erittäin korkeilla tislepitoisuuksilla (9415–13500 mg BTO/kg kuivaa maata) oli haittavaikutuksia (Kuva 4). Pitoisuus 2694 mg BTO/kg maata ei tappanut lainkaan koe-eliöitä eli em. arvo oli ns. NOEC -arvo. Myös lierot kärsivät vain erittäin korkeista tislepitoisuuksista (Kuva 5).



Kuva 4. Koivutisleen (BTO1) toksisuus *F. candida* -hyppyhäntäisen aikuisille (=neliöt) ja jälkeläisille (=ympyrät) Kuvan vaaka-akselilla on tisleen konsentraatio ja pystyakselilla eliöiden määrät.



Kuva 5. Tislekäsittelyssä säilyneiden lierojen määrät tislekonsentraation kasvaessa välillä 0–13500 mg/kg maata. Määrät mitattiin 7 (=ympyrät) ja 14 (=neliöt) päivän kuluttua käsittelystä.

## Tulosten tarkastelu

Tutkimuksessa käytettyjen koe-eliöiden valinnalle oli monta perustetta:

- 1) valitut lajit ovat yleisesti käytettyjä ekologisen toksisuustutkimuksen ”standardieliöitä”,
- 2) niillä tiedetään olevan tärkeä rooli maaperän toimivuudessa sekä
- 3) ne ovat helposti kasvatettavia ja herkkiä indikaattoreita (Didden & Römbke 2001, Römbke & Moser 2002, Schloter ym. 2003).

## Peltokokeet

Kasveilla tehdyt kokeet vahvistivat rikkakasvitutkimusten tulokset; tisleellä oli selvä negatiivinen vaikutus kasvien biomassaan, mutta vaikutukset jäivät suhteellisen lyhytaikaisiksi. Yllättävänä voidaan pitää tulosta, joka osoitti vuohenputken (*Aegopodium podagraria*) herkkyyden tisleelle. Kasvi on yleinen ja nopeasti kasvava puutarhatuotannon rikkalaji, jonka torjunta on vaikeaa jopa synteettisiä kemikaaleja käytettäessä. Tuloksen tarkempi selvitys edellyttää lisätutkimuksia.

100 %:lla tisleellä (BTO1) oli suljetuissa astioissa selvä ja noin 50 päivää kestävä negatiivinen vaikutus kasveihin. Samaa vaikutusta ei todettu avo-

maalla, koska ilmeisesti sade ja auringon säteilyn vaikutukset vähensivät tisleen tehoa ja nopeuttivat sen hajoamista.

Tämän kokeen tärkeimpänä tuloksena saatiin tieteellisesti pätevä näyttö siitä, että koivutisleellä (BTO1) ei ole haitallista vaikutusta maanperän pieneliöstöön. Mielenkiintoista oli todeta, 100 %:nen tisle (BTO1) jopa paransi maan bioaktiivisuutta heti käsittelyjen jälkeen laboratorio- sekä kenttäkokeissa. Vastaava ilmiön on usein todistettu johtuvan siitä, että mikrobit käyttävät luonnon aineita energialähteenä (Meli ym. 2003). Tisleessä on kirjallisuustietojen mukaan hyvin monenlaisia yhdisteitä, jotka voivat sopia mikrobin ravinnoksi.

Toholammin kenttäkokeen lopussa todettu negatiivinen vaikutus maan bioaktiivisuuteen selittyi sillä, että tisle torjui ruudussa olleet rikkakasvit (juola-vehnää lukuun ottamatta) eikä mikrobeille välttämättömiä kasviuutteita ja juurieritteitä syntynyt pitkään aikaan samalla tavalla kuin kontrolliruuduissa. Kasvien merkitys bioaktiivisuuden ylläpitäjänä on todistettu myös monissa muissa kokeissa, koska kasvit tuottavat orgaanista ainetta eliöille ja niiden juuret erittävät mikrobin tarvitsemia yhdisteitä (Wardle 2002, Smolander & Priha 2003, Wardle ym. 2004, Bardgett 2005). Toholammin kokeessa todettu rikkakasvien tuhoutuminen johti mikrobin ravinnepulaan ja aikaansai tilapäisen lepovaiheen. Samanlainen ilmiö on todettu myös muilla testiaineilla muissa tutkimuksissa (Martikainen 2003).

Merkittävä oli myös tieto siitä, että koivutisleellä on vain vähäinen vaikutus maaperän sukkulamatoihin ja nivelmatoihin, vaikka kasvillisuuden muutosten tiedetään vaikuttavan epäsuorasti näiden eläinten määriin (Wardle ym. 2004). Lukuisat tutkimukset ovat osoittaneet, että änkyrimadot ovat tärkeitä maan pintakerroksen eliöitä (Nurminen 1967, Huhta ym. 1998, Setälä 2002), jotka ovat erityisen herkkiä toksisille aineille (Salminen & Haimi 1999, Salminen & Haimi 2001). Koivutisle ei vaikuttanut näihin maaperän toimivuuden turvaajiin, joten on ilmeistä, että koivusta saadun tisleen ruiskuttaminen maahan ei häiritse maan pintakerroksen ravintoverkon toimintaa. Kokeissa käytetyt määrät ja konsentraatiot olivat suurempia kuin mitä yleensä tarvitaan esim. siemenrikkakasvien torjunnassa.

## Myrkyllisyyskokeet

Peltolieroilla on erittäin tärkeä rooli maan ekosysteemin toiminnassa ja rakenteen hoidossa. Ne ovat myös herkkiä kemikaalien aiheuttamalle stressille ja siksi niitä käytetään hyvin yleisesti myrkyllisyystutkimusten testieliönä (Didden & Römbke 2001). Itse asiassa, *Eisenia fetida*-laji on Eu:n määrittelämä ekotoksikologian virallinen testieliö. Pohjois-Euroopassa se ei kuitenkaan ole valtalaji, etenkin luonnonekosysteemeissä (Kula & Larink 1998),



joten käytimme meillä yleistä *Aporrectodea caliginosa*-lieroa (Kula & Larink 1998), jotta tulokset ovat paremmin Suomen oloihin sopivia.

Toksisuuskokeet tuottivat myös käyttökelpoista tietoa tisleen tehosta rikkakasvien torjunta-aineena. Pellolla koivutisle (BTO1) toimi kuten kosketusvaikutteiset herbisidit tuhoten käytännössä kaikki leveälehtiset siemenrikkakasvit. Tämä tarkoittaa myös sitä, että rikkakasvien torjunnassa tisle tulee ruiskuttaa ennen kuin kylvetyt viljelykasvit taimettuvat. Tisleen tehoa voidaan hyvin verrata esimerkiksi kaupallisen Basta®-herbisidin vaikutuksiin. Sen aktiivinen vaikuttava aine on glufosinate-ammonium (GLA). Basta® -valmisteella ei myöskään ole todettu haittavaikutuksia maan eliöstölle, mutta se on myrkyllinen vesieliöstölle (Laitinen ym. 2000) toisin kuin koivutisle, joka ei vahingoita vesieliöitä (Hagner ym. 2009). On siten ilmeistä, että koivutisle voisi olla synteettisten herbisidien korvaaja erityisesti vesistöjen lähellä tehtävässä rikkakasvitorjunnassa.

Yhteenvedona voidaan todeta, että koivutisleellä ei ole haitallista vaikutusta maanperän änkyrimadoille, sukkulamadoille eikä mikrobeille, kun tislemäärät ovat 500–1360 l/ha. Tisleellä oli jopa positiivisia vaikutuksia maan bioaktiivisuudelle, koska luonnon aineena se käytetään mikrobien ravinteena. Tisle on käytännössä myös haitaton lieroille eli voidaan päätellä, että kasveista eristetyt tai konsentroidut aineet voivat olla yksi ratkaisu, kun kehitetään synteettisten kemikaalien korvaajia ja uusi torjuntatekniikoita EU ympäristöstrategian sekä torjunta-ainepolitiikan edellyttämällä tavalla.

## Kirjallisuus

- Anderson, J.P.E. & Domch, K.H. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 10: 215–221.
- Bardgett, R.D. 2005. *The biology of soil: a community and ecosystem approach*. Oxford University Press. 242 s.
- Bünemann, E.K., Schwenke, G.D. & Van Zwieten, L. 2006. Impact of agricultural inputs on soil organisms – a review. *Australian Journal of Soil Research* 44: 379–406.
- Didden, W. & Römbke, J. 2001. Enchytraeids as indicator organisms for chemical stress in terrestrial ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 50: 25–43.
- EC 1996. Technical guidance documents in support of the Commission Directive 93/67/EEC on risk assessment for new notified substances and the Commission Regulation (EC) 1488/94 on risk assessment for existing substances. European Commission, Brussels, Belgium. 239 s.
- Hagner, M., Penttinen, O-P., Pasanen T., Tiilikkala, K. & Setälä, H. 2009. Acute toxicity of birch tar oil on aquatic organisms. *Agricultural and Food Science*. Painossa.
- Huhta, V., Persson, T. & Setälä, H. 1998. Functional implications of soil fauna diversity in boreal forests. *Applied Soil Ecology* 10: 277–288.
- ISO 11267. Soil quality-inhibition of reproduction of *Collembola (Folsomia candida)* by soil pollutants. Geneva: Int. Stand. Organ. 1999. 16 s.
- Kula, H. & Larink, O. 1998. Tests on the earthworms *Eisenia fetida* and *Aporrectodea caliginosa*. Teoksessa: Løkke, H. & van Gestel, C.A.M. (toim.). *Handbook of soil invertebrate toxicity tests*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. s. 95–112.
- Laitinen, P., Leijonqvist, M., Rämö, S., Welling, L., Ojanen, H. & Hannukkala, A. 2000. Use of pesticides in starch and chip potato production. *Publications of Agricultural Research Centre of Finland. Serie A 81*. Jokioinen: Agricultural Research Centre of Finland. 51 s.
- Martikainen, P. 2003. Metsämaan mikrobisto Teoksessa: Mälkönen, E. (toim.). *Metsämaa ja sen hoito*. Hämeenlinna: Karisto. s. 101–114.
- Meli, S.M., Badalucco, L., English, L.C. & Hopkins, D.W. 2003. Respiratory responses of soil micro-organisms to simple and complex organic substrates. *Biology and Fertility of Soils* 37: 96–101.

- Nordgren, A. 1988. Apparatus for the continuous long-term monitoring of soil respiration rate in a large number of samples. *Soil Biology and Biochemistry* 20: 955–957.
- Nurminen, M. 1967. Ecology of enchytraeids (Oligochaeta) in Finnish coniferous forest soil. *Annales Zoologici Fennici* 4: 147–157.
- O'Connor, F.B. 1955. Extraction of enchytraeid worms from a coniferous forest soil. *Nature* 175: 815–816.
- Römbke, J. & Moser, T. 2002. Validating the enchytraeid reproduction test: organisation and results of an international ringtest. *Chemosphere* 46: 1117–1140.
- Salminen, J. & Haimi, J. 1999. Horizontal distribution of copper, nickel and enchytraeid worms in polluted soil. *Environmental pollution* 104: 351–358.
- Salminen, J. & Haimi, J. 2001. Life history and spatial distribution of the enchytraeid worm *Cognettia sphagnetorum* (Oligochaeta) in metal-polluted soil: below-ground sink-source population dynamics? *Environmental Toxicology and Chemistry* 20: 1993–1999.
- Schlöter, M., Dilly, O. & Munch, J.C. 2003. Indicators for evaluating soil quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98: 255–262.
- Setälä, H. 2002. Sensitivity of ecosystem functioning to changes in trophic structure, functional group composition and species diversity in below-ground food webs. *Ecological Research* 17: 207–215.
- Smolander, A. & Priha, O. 2003. Puulajin merkitys metsämaan viljavuuden hoidossa. Teoksessa: Mälkönen, E. (toim.). *Metsämaa ja sen hoito*. Hämeenlinna: Karisto. s. 155–158.
- Sohlenius, B. 1979. A carbon budget for nematodes, rotifers and tardigrades in a Swedish coniferous forest soil. *Holarctic Ecology* 2: 30–40.
- SPSS, 1999. SPSS for Windows 10.0. publication 9.0.1. SPSS, Chicago.
- Wardle, D.A. 2002. *Communities and ecosystems – linking the aboveground and belowground components*. Princeton: Princeton University Press. 400 s.
- Wardle, D.A., Bardgett, R.D., Klironomos, J.N., Setälä, H., van der Putten, W.H. & Wall, D.H. 2004. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science* 304: 1629–1633.

# Koivutisleen myrkyllisyys vesieliöille

Marleena Hagner<sup>1)</sup>, Olli-Pekka Penttinen<sup>1)</sup>, Tiina Pasanen<sup>1)</sup>,  
Heikki Setälä<sup>1)</sup> ja Kari Tiilikkala<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Ympäristöekologian laitos, Helsingin yliopisto, Niemenkatu 73, 15140 Lahti,  
marhage@jippii.fi, tiinaop@gmail.com, etunimi.sukunimi@mtt.fi

<sup>2)</sup>MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Rillitie 1,  
31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

## Tiivistelmä

Koivutisle on grillihiilen valmistuksessa syntyvä sivutuote, joka uusimpien tutkimustulosten mukaan soveltuu kasvinsuojeluaineeksi ja biosidiksi. Tisleellä voidaan torjua rikkakasveja, hyönteisiä ja kasvitauteja. Sitä voidaan käyttää myös tuholaisien karkotusaineena.

Tisleen kaupallistaminen kasvinsuojeluaineeksi edellyttää tehokkuuden lisäksi myös sen rekisteröintiä kasvinsuojeluaineeksi ja siten tarkkaa tietoa mahdollisista ympäristövaikutuksista. Tässä tutkimuksessa testattiin tisleen akuuttia myrkyllisyyttä (EC<sub>50</sub>) vesieliöille, joita käytetään yleisesti ekologisissa toksisuustesteissä.

Tulokset osoittivat, että eri eliöiden herkkyys tisleen vaikutuksille vaihtelee: herkin oli *Vibrio fisheri* -bakteeri. Seuraavaksi herkimpiä olivat herkkyysjärjestyksessä *Daphnia magna* (vesikirppu), *Lumbriculus variegates* (liero), *Lemna minor* (vesikasvi), *Danio rerio* (kala), *Asellus aguaticus* (vesisiira) ja *Lymnaea sp.* (vesikotilo). Koivutisleen akuuttia myrkyllisyyttä osoittavat mittausarvot (EC<sub>50</sub>) olivat yli 150 000 µg/L. Käytännössä tulos tarkoittaa sitä, että tisleellä ei ole myrkyllistä vaikutusta useimpiin vesieliöihin. Erityisiä ympäristövaroituksia ei tarvita, mutta on tärkeää muistaa, että koivutislettä ei saa ruiskuttaa suoraan vesistöihin tarkoituksellisesti eikä vesistöjen rannassa olevia kohteita käsiteltäessä.

---

*Avainsanat: koivutisle, kasvinsuojelu, biologinen torjunta, ympäristöriskit, arviointi, Vibrio fisheri, Daphnia magna, Lumbriculus variegates, Lemna minor, Danio rerio, Asellus aguaticus, Lymnaea sp.*

---

# Acute toxicity of birch tar oil on aquatic organisms

Marleena Hagner<sup>1)</sup>, Olli-Pekka Penttinen<sup>1)</sup>, Tiina Pasanen<sup>1)</sup>,  
Heikki Setälä<sup>1)</sup> and Kari Tiilikkala<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Ecological and Environmental Sciences, University of Helsinki, Niemenkatu 73, FI-15140 Lahti, marhage@jippii.fi, tiinaop@gmail.com, firstname.lastname@mtt.fi

<sup>2)</sup>MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Rillitie 1, FI-31600 Jokioinen, Finland, firstname.lastname@mtt.fi

## Abstract

Birch tar oil (BTO) often referred to as birch oil distillate, is a by-product of processing birch wood in a pyrolysis system. Accumulating evidence suggests the suitability of BTO in plant protection as a biocide and or repellent against weeds, insects, molluscs and rodents. In this study, we determined the acute toxicity (EC<sub>50</sub>) of BTO to various aquatic organisms that are commonly used in ecotoxicological studies. The sensitivity of different species to BTO was variable: the bacterium *Vibrio fisheri* was the most sensitive species followed by *Daphnia magna* (crustacean) < *Lumbriculus variegates* (earthworm) < *Lemna minor* (vascular plant) < *Danio rerio* (fish) < *Asellus aquaticus* (crustacean) < *Lymnaea sp.* (mollusc). Almost all of the EC<sub>50</sub> values resulting from BTO exposure were more than 150 000 µg/L indicating that BTO is nontoxic to a wide range of aquatic organisms.

In conclusion, our results showed that aquatic organisms are invariably sensitive to BTO at high concentrations, but suggest that BTO does not pose a severe hazard to aquatic biota. We deduce that, unless BTO is not applied in the immediate vicinity of water bodies, no special precaution is required.

---

*Key words: plant protection, birch tar oil, environmental risk evaluation, Vibrio fisheri, Daphnia magna, Lumbriculus variegates, Lemna minor, Danio rerio, Asellus aquaticus, Lymnaea sp.*

---

## Johdanto

Koivutisle (englanniksi birch tar oil, lyhenne tässä julkaisussa BTO) on sivutuote, jota saadaan suhteellisen suuria määriä grillihiilen valmistukseen käytettävässä pyrolyysissä. Prosessissa haihtuu ja tiivistyy nesteeksi suuri määrä puun erilaisia kemiallisia yhdisteitä, joita ei ole tutkittu tai määritetty kuin pääpiirtein. Koivutisle on myös kasvinsuojeluaineena tieteelle (ennen tätä hanketta) lähes täysin tuntematon asia, vaikka koivuterva on ollut tunnettu ja käytetty eläintenhoitoaine jo tuhansien vuosien ajan. Tisleen vaikutuksia vesieliöihin ei ole tutkittu koskaan aikaisemmin (ei löydetty yhtään julkaisua) ennen tätä tutkimusta.

Hankkeemme alussa löydetty muutamia kirjallisuustiedot viittaavat siihen, että koivupuusta vapautuu kuumennettaessa huomattava määrä fenolisia yhdisteitä. Tuhansien biomolekyylien seoksissa on myös monia muita mm. haihtuvia yhdisteitä, joilla voi olla vaikutuksia testieliöihin samaan tapaan kuin torjuttaviin eliöihin.

Pyrolyysiprosessista saadaan käytännössä kahdenlaista ainetta: 1) BTO1, joka on lähinnä prosessin alussa vapautunutta ja kaasujen nesteytyessä muodostunutta hyvin juoksevaa ainetta, sekä 2) BTO2 ainetta, joka on viskositeetiltaan jäykempi, tervamainen tai öljymäinen jae. Eri vaiheissa saatavien yhdisteiden kemiallista koostumusta tai niiden eroja ei tunneta.

Kaikkein vähiten on tietoa pyrolyysituotteiden ympäristövaikutuksista vaikka periaatteessa saamaa teknologiaa (tervanpoltto) ja tuotteita on käytetty tuhansien vuosien ajan. Perinteisten torjunta-aineiden käyttökokemusten perusteella on perusteltua olettaa, että esimerkiksi kasvinsuojelussa osa tisleistä pääsee maahan ja voi päätyä myös pinta- ja pohjavesiin (Larson ym. 1995, Novak ym. 2001, Accinelli ym. 2002, Shipitalo & Owens 2003). Ympäristöriskien tutkiminen on siten tärkeä ja välttämätön osa kaupallistamisprosessia.

Vesieliöiden tiedetään olevan herkkiä monenlaisille ympäristömyrkyille (Connell ym. 1999), ja muutokset vesistöjen eliöstössä voivat vaikuttaa vesiekosysteemin toimivuuteen (Hanazato 1998). Tästä syystä ja kansainvälisiin määräyksiin perustuen (EC 1996) pitää kemikaalien mahdolliset ympäristöhaitat tutkia perusteellisesti ennen aineiden käyttöä pelloilla ja muissa torjuntakohteissa. Tietojemme mukaan koivutisleen ekotoksikologisista vaikutuksista vesieliöille ei ole ollut tätä ennen säädösten edellyttämää tietoa.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli osoittaa, onko koivutisleellä akuutteja myrkyvaikutuksia yleisesti käytettyihin testilajeihin: *Asellus aquaticus*, *Lumbriculus variegates*, *Daphnia magna*, *Lymnea sp.*, *Lemna minor*, *Danio rerio*, *Scenedesmus gracilis*, *Vibrio fischeri*.

## Aineisto ja menetelmät

Kokeissa käytettiin tisleen ja liuottimien seoksia, joiden konsentraatiovalinnat perustuivat alustavien menetelmätkimuksiemme tuloksiin. Jokaisessa kokeessa käytettiin vähintään viittä eri liuoskonsentraatiota. Testieliöt lisättiin testimaljoihin välittömästi tislekäsittelyn jälkeen. Kontrollimaljoihin ei laitettu tisleettä. Kokeissa tehtiin seuraavat mittaukset: 1) kasvien juuren pituus ja lehtien lukumäärä (pikkulimaska;  $IC_{50}$ , *L. minor*), 2) liikkuvuus (vesikirppu;  $EC_{50}$ , *D. magna*), 3) eloon jääneiden yksilöiden määrä (vesisiira;  $LC_{50}$ , *A. aquaticus*, seeprakala;  $LC_{50}$ , *Danio rerio*, akvaattinen liero;  $LC_{50}$ , *L. variegatus* ja limakotilo;  $C_{50}$ , *Lymnea sp.*), 4) bakteerien valosuodatus ( $IC_{50}$ , *V. fisheri*) ja 5) levien solumäärä (*S. gracilis*). Testieliöille ei annettu ravintoa testien aikana.

### ***Daphnia magna* -vesikirpulla tehty testi**

Testieliöt hankittiin Suomen ympäristökeskuksen kasvatuskannasta ja testi toteutettiin kansainvälisen standardin ISO 6341 (ISO 1996) mukaisesti. Kokeessa käytetyt tislekonsentraatiot olivat 18–381 mg/l ja aineena oli BTO1 tislejää, joka saatiin Alavieskassa olevalta Charcoal Finland Oy:n tehtaalta. Jokaiseen lasimaljaan laitettiin 10 ml liuosta ja viisi nuoruusvaiheen vesikirppuyksilöä. Maljat peitettiin kokeen ajaksi Parafilm<sup>®</sup> -kalvolla. Kokeessa elävänä säilyneet yksilöt laskettiin 24 ja 48 kuluttua kokeen alusta.

### **Pikkulimaska -kasvilla tehty testi**

Tisleen vaikutus kasvien kasvuun tutkittiin ISO/WD standardin 20079 (ISO 2005) mukaisesti. Kokeessa käytetyt kasvit kerättiin Hollolan kunnassa olevasta lammesta ja ne pidettiin lammikosta otetussa vedessä kokeen alkuun saakka. Kokeessa käytetyn liuoksen (1) konsentraatio oli välillä 30–4900 mg/l. Koeastioina käytettiin lasisia 50 ml Erlenmeyer-pulloja, joihin jokaiseen siirrettiin seitsemän *L. minor* -kasvia. Pullot suljettiin Parafilm<sup>®</sup> M -peitteellä haihdunnan minimoimiseksi. Kasvit pidettiin seitsemän päivää jatkuvassa valossa (20000 lx) ja 22 °C lämmössä. Seitsemännen koepäivän jälkeen laskettiin lehtien määrä ja juurien pituudet.

### **Vesisiiralla tehty testi**

Vesisiirujen kuolleisuustesti toteutettiin yleisesti käytetyn USEPA-ohjeiston mukaisesti (USEPA 2002). Eläimet kerättiin ennen koetta Lammin kunnan alueella olevasta, Pääjärveen laskevasta ojasta ja pidettiin astiassa, jossa oli järvivettä, hiekkaa ja tuoreita ja hajonneita tervalepän (*Alnus glutinosa*) lehtiä. Kokeessa käytettiin puhdistettua vettä, joka oli valmistettu SFS 5062 (SFS 1984) -standardin mukaisesti. Testin tislekonsentraatiot (BTO1) olivat 229–4900 mg /l ja testiastiana käytettiin lasimaljoja, joissa oli 100 ml testi-

liuosta. Astiat pidettiin 22 °C lämpötilassa ja Parafilm® M -kalvolla suljettui-  
na. Jokaiseen astiaan siirrettiin kolme aikuista vesisiiraa. Testieläinten kuol-  
leisuus laskettiin 24 ja 28 tunnin kuluttua testin alusta.

## Seeprakalalla tehty testi

Yleisellä akvaariokalalla tehty testi toteutettiin OECD ohjeen 203 (OECD 1992) mukaisesti. Kahden sentin pituiset kalat hankittiin kalakaupasta ja ruo-  
kittiin kaupallisella ravinnolla kahden viikon ajan ennen koetta. Hanaveden  
laatua parannettiin TetraAqua® AquaSafe neutralizer -liuoksilla ja veden  
annettiin stabiloitua kaksi vuorokautta ennen kokeen alkua. Kokeessa käytet-  
tiin BTO1 tislettä siten, että sen konsentraatio oli välillä 120–510 ml/l vettä.  
Jokaiseen astiaan (7000 ml, jossa 6000 ml liuosta) siirrettiin seitsemän kalaa  
24 tunnin kuluttua liuoksen valmistamisesta (Kuva 1). Kalojen kuolleisuus  
havainnoitiin 24, 48, 72 ja 96 tunnin kuluttua kokeen alusta. Testiastiat pidet-  
tiin 22 °C lämmössä ja päivä:yö jaksot olivat 12:12 tuntia. Veden happipitoi-  
suus ja pH mitattiin 24 tunnin välein.



Kuva 1. Seeprakalat testialtaassa. (Kuvaaja: Heikki Setälä)



## ***Lumbriculus variegatus* -lajin kokeet**

Kokeessa käytetyt madot saatiin Helsingin yliopiston Ympäristöekologian laitoksen kasvatuksista. Kuolleisuus testattiin kansainvälisen standardin USEPA (USEPA 2002) edellyttämällä tavalla ja kokeessa käytetyn testiveden valmistus perustui SFS 5062 (SFS 1984) standardiin. Kokeessa käytettiin BTO1 liuosta, jonka väkevyyden vaihtelu välillä 30–4900 mg/l testivettä. Keranteita oli kolme.

Astiana käytettiin 125 ml lasimaljaa (liuosta 100 ml), joka suljettiin Parafilm<sup>®</sup> M -pinnoitteella. Jokaiseen astiaan siirrettiin viisi matoa, joiden kuolleisuus arvioitiin 24 ja 48 tunnin kuluttua kokeen alusta.

## ***Lymnea sp.* -kotiloilla tehty testi**

Tisleen vaikutus kotiloiden kuolleisuuteen tutkittiin USEPA (USEPA 2002) standardin mukaisesti käyttäen luonnosta kerättyjä kotiloita. Laboratoriossa testieliöt pidettiin järvivedessä viikon ajan ennen koetta ja siirrettiin vasta kokeen alussa SFS 5062 (SFS 1984) -standardin mukaisesti valmistettuun vesiliuokseen. Koeastia oli 125 ml lasimalja, jossa oli 100 ml testiliuosta ja Parafilm<sup>®</sup> M -peite. Tisleen liuosvahvuus vaihteli välillä 80–8160 mg/l testiliuosta. Jokaiseen astiaan siirrettiin kolme kotiloa, joiden kuolleisuus havainnoidtiin 24 ja 48 tunnin kuluttua kokeen alusta. Testiastiat pidettiin koko kokeen ajan 22 °C lämmössä ja päivä:yö jaksot olivat 12:12 tuntia.

## ***Vibrio fischeri* -valobakteerikoe**

BioTox on perinteinen standardimenetelmä, jossa kemikaalien myrkyllisyyttä mitataan valobakteerin (*Vibrio fischeri*) avulla. Kemikaalien aiheuttamat aineenvaihduntahäiriöt muuttavat bakteerin valotuotantoa ja valonmuodotuksen häiriö voidaan mitata. Myrkyllisyystestissä käytettiin pakastettua bakteerikantaa (*V. fischeri* strain NRRL B-11177, Abtox Oy, Finland). Valotuoton muutos mitattiin ISO 11348-3 -standardin (ISO 1998) mukaisesti. Kokeessa käytetyn tisleen (BTO1) konsentraatio asetettiin välille 30–4900 mg tislettä/l testiliuosta (n=2).

## ***Scenedesmus gracilis* -lajin levätesti**

Tisleen vaikutusta levien kasvuun tutkittiin kansainvälisen standardin mukaisin menetelmin (OECD 1984).

Levää kasvatettiin niiden viljelyyn kehitetyillä alustoilla kahden kuukauden ajan ennen kokeen alkua. Kokeessa käytettiin BTO1 tislettä ja liuoksia, joiden konsentraatio oli välillä 49–381 mg tislettä/l testiliuosta. Levien konsent-

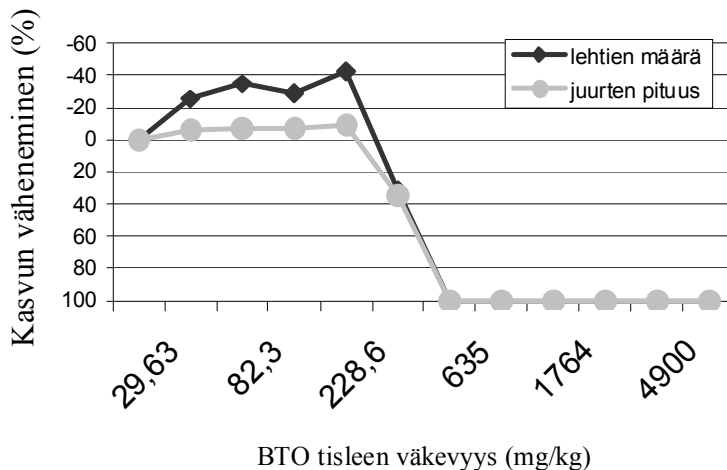
raatio oli 900 solua/ml kokeen alussa. Testiastiana käytettiin lasista Erlenmeyer-pulloa (250 ml), joka suljettiin pumpulilla. Leväsolujen lukumäärä ja liuoksen pH mitattiin kokeen alussa ja lopussa sekä 24, 28 ja 74 tunnin kuluttua kokeen alusta.

## Tulokset ja tulosten tarkastelu

### Koivutisleen vaikutukset testieliöihin

Kokeet onnistuivat hyvin, sillä testieliöiden kuolleisuus käsittelemättömissä kontrolliastioissa oli alle 10 %. Kaikkein suurimmilla väkevyyksillä päästiin 100 %:n kuolleisuuteen, kuten standardit edellyttävät (*A. aquaticus* > 1058 mg BTO/l, *L. variegates* > 381 mg BTO/l, *D. magna* > 229 mg BTO/l ja *D. rerio* > 370 mg BTO/l, *Lymnaea sp.* > 1760 mg BTO/l). Vastaavasti alhaisimmilla konsentraatioilla kuolleisuus ei poikennut kontrollista (*A. aquaticus* < 229 mg BTO/l, *L. variegates* < 49 mg BTO/l, *D. magna* < 137 mg BTO/l ja *D. rerio* < 229 mg BTO/l, *Lymnaea sp.* < 635 mg BTO/l).

Pikkulimaskat (pintakellujakasvi) kasvoivat ja lisääntyivät nopeasti kontrollimaljoissa. Kontrollimaljojen kasvit olivat vihreitä ja terveitä koko kokeen ajan. Väkevin tisleliuos (> 381 mg/l) esti kasvun täydellisesti. Alhaisimmalla konsentraatiolla (30–137 mg/l) oli täysin päinvastainen vaikutus eli tisle lisäsi juurten pituuskasvua sekä lehtien määrää (Kuva 2). IC<sub>50</sub> (Day 14) raja-arvo oli juuren kasvumittauksissa 231 mg/l tasolla ja 229 mg/l lehtien määrää mitattaessa.



Kuva 2. Tisleen akuutti myrkyllisyys pikkulimaskalle (7 päivää kokeen alusta). Lehtien määrän inhibitioprosentti on esitetty viivalla, jossa on neliöt, juurten kasvun inhibitio viivalla, jossa on ympyrät.

Levän kasvu oli kontrollimaljoissa eksponentiaalista 72 tunnin ajan eli solumäärät lisääntyivät 900 solusta/ml tasolle 22 000±2000 solua/ml. Korkeimmat tislepitoisuudet (381 mg) ehkäisivät leväkasvua, mutta alhaisimmalla konsentraatioilla ei ollut vaikutusta.

## Tisleen vaikutukset veden pH-arvoihin

Tisleellä oli merkitsevä vaikutus veden pH-arvoihin: joissakin kokeissa ja konsentraatioilla havaittiin selvä happamuuden muutos. *D. rerio* -lajilla tehdyissä kokeissa korkeimmat BTO pitoisuudet (510 mg/l) laskivat pH-arvot ensin tasolle 5,0 ja kokeen loppuvaiheessa tasolle 4,0. Alle 165 mg/l konsentraatiot eivät vaikuttaneet veden happamuuteen. Levillä (*S. gracilis*) tehdyssä kokeessa kontrollin pH oli tasolla 8,6 koko kokeen ajan. Väkevimmässä tisleliuoksessa (381 mg/l) pH laski alussa tasolle 5,2, mutta oli 8,5 kokeen päätymissä vaiheissa.



Kuva 3. Testikalat uivat aktiivisesti vedessä, joka oli tisleen värjäämä. Myrkyvaikutusten osoittaminen edellytti tislepitoisuuden nostamista testisarjan suurimpien annosten tasolle. (Kuvaaja: Heikki Setälä)

## Johtopäätökset

Monipuolisen ja standardimenetelmin tehdyn tutkimuksemme tulokset osoittivat, että tisleen vaikutukset ovat erilaiset riippuen siitä millä testilajilla kokeet on tehty. Olennaista on kuitenkin se, että koivutisle ei ole erityisen vaarallinen vesieliöille eikä käyttöohjeisiin tarvita erityisrajoituksia (Kuva 3). Päätelmämme on kuitenkin, että tislettä ei tule ruiskuttaa eikä kaataa suoraan vesiin eikä tisleen levitykseen käytettyjä laitteita tulisi pestä luonnonvesissä.

Eri testilajien välillä todettiin selviä eroja. Ehkä yllättävintä oli pikkulimaskan positiivinen vaste. Alhaiset tislepitoisuudet lisäsivät juurien pituutta sekä lehtien määrää. Pikkulimaskan on todettu myös muualla reagoivan positiivisesti alhaisiin toksiiniärsykkeisiin (Sherry ym. 1997, Song & Huang 2005). Tässä kokeessa oli myös mahdollista, että kasvi hyötyi tisleessä olleista ravinteista tai kasvua edistävästä hormoneista. Tisleen kasvua stimuloivista ominaisuuksista saatiin viitteitä myös saman tutkimushakkeen (MTT 21050001) kasvikokeissa, kun tutkittiin tisleen fytotoksisuutta mansikoihin. Myös alustavat tiedot tisleen kemikaaleista viittaavat hormonin kaltaisten yhdisteiden löytymiseen.

## Kirjallisuus

- Accinelli, C., Vicari, A., Pisa, P.R. & Catizone, P. 2002. Losses of atrazine, metolachlor, prosulfuron and triasulfuron in subsurface drain water. I. Field results. *Agronomie* 22: 399–411.
- Connell, D., Lam, D., Richardson, B. & Wu, R. 1999. Introduction to ecotoxicology. Great Britain: Blackwell Publishing. 170 s.
- EC 1996. Technical guidance documents in support of the Commission Directive 93/67/EEC on risk assessment for new notified substances and the Commission Regulation (EC) 1488/94 on risk assessment for existing substances. European Commission, Brussels, Belgium.
- Hanazato, T. 1998. Response of a zooplankton community to insecticide application in experimental ponds: a review and the implications of the effects of chemicals on the structure and functioning of freshwater communities. *Environmental pollution* 101: 361–373.
- ISO 6341. Water quality – Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (*Cladocera*, *Crustacea*). Acute toxicity test. International Organisation for Standardization. 1996. 13 s.
- ISO 11348-3. Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of *Vibrio fischeri* (*Luminescent bacteria test*). Part 3: Method using freeze-dried bacteria. International Organisation for Standardization. 1998. 13 s.
- ISO/CD 20079. Water quality – Determination of the toxic effect of water constituents and waste water to duckweed (*Lemna minor*) - Duckweed growth inhibition test. International Organisation for Standardization. 2005. 23 s.
- Larson, S.J., Capel, P.D., Goolsby, D.A., Zaugg, S.D & Sandstrom, M.W. 1995. Relations between pesticide use and riverine flux in the Mississippi River basin. *Chemosphere* 31: 3305–3321.
- Novak, S.M, Portal, J-M. & Schiavon, M. 2001. Effects of soil type upon metolachlor losses in subsurface drainage. *Chemosphere* 42: 235–244.
- OECD 1984. OECD guideline for testing of chemicals. No. 201. “Alga, Growth Inhibition Test”. Organization for Economic Development. Adopted 7 June 1984. 14 s.
- OECD 1992. OECD guideline for testing of chemicals. No. 203. “Fish, Acute Toxicity Tests”. Organization for Economic Development. Adopted 17 July 1992. 9 s.

- SFS 5062. Vesitutkimukset. Akuutin myrkyllisyyden määrittäminen *Daphnia Magna Straus* vesikirpulla. SFS 5062. Helsinki: Finnish Standards Association. 1984. 9 s.
- Sherry, J., Scott, B. & Dutka, B. 1997. Use of various acute, sublethal and early life-stage tests to evaluate the toxicity of refinery effluents. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16: 2249–2257.
- Shipitalo, M.J. & Owens, L.B. 2003. Atrazine, Deethylatrazine, and Deisopropylatrazine in Surface Runoff from Conservation Tilled Watersheds. *Environmental Science and Technology* 24: 944–950.
- Song, Z.H. & Huang, G.L. 2005. Toxic effects of pentachlorophenol on *Lemna minor*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 74: 1166–1172.
- USEPA 2002. Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms. EPA-821-R-02-012. 5. edition. United States Environmental Protection Agency. 266 s.

# Koivutisleen kaupallistaminen kasvinsuojeluaineeksi ja biosidiksi

Kari Tiilikkala<sup>1)</sup>, Reijo Vanhanen<sup>2)</sup>, Sari Autio<sup>3)</sup> ja Kenneth Bergroth<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Rillitie 1, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

<sup>2)</sup>Elintarviketurvallisuusvirasto, Evira, Maataloustuotannon valvontaosasto, Mustialankatu 3, 00790 Helsinki, etunimi.sukunimi@evira.fi

<sup>3)</sup>Suomen ympäristökeskus, Kemikaaliyksikkö, PL 140, 00251 Helsinki, etunimi.sukunimi@ymparisto.fi

<sup>4)</sup>Teknologiakeskus KETEK Oy, Korpintie 8, 67100 Kokkola, kenneth\_bergroth@golder.fi

## Tiivistelmä

Koivutisleen on todettu olevan tehokas kasvinsuojeluaine ja biosidi. Nyt näyttöä on myös tisleen haitattomuudesta ympäristölle, joten asiakkaatkin odottavat kemikaaleja korvaavia biotuotteita. Biotorjunnan tarve on erityisen suuri niin sanotussa luomuviljelyssä, jossa kasvintuhoojat aiheuttavat jatkuvasti vaikean tuotantoriskin. Sama tarve on esitetty harrasteviljelijöiden ja viheralueiden hoitajien taholta. Vauhtia luonnonaineiden käytölle antaa myös EU:n torjunta-ainepolitiikka, jonka tavoitteena on synteettisten kemikaalien korvaaminen niin sanotuilla vaihtoehtoisilla torjuntamenetelmillä.

Hyvä näyttö tisleen tehosta tai vähäiset haitat vesi- ja maaperäeliöille eivät kuitenkaan riitä tisleen kaupallistamiseen. Uusien tuotteiden markkinointi ja myynti kasvinsuojeluaineeksi tai biosidiksi on nimittäin luvallista vain, jos tuotteet on rekisteröity EU:n edellyttämällä tavalla. Euroopan yhteisössä tehoaineet hyväksytään yhteisesti, valmisteet kansallisesti. Jäsenvaltiot eivät saa hyväksyä muita kuin yhteisössä hyväksytyjä tehoaineita sisältäviä valmisteita. Kasvinsuojeluaineiden markkinoille saattamista koskeva direktiivi 91/414/ETY (PPP-direktiivi) tuli voimaan 25.7.1993. Myös biosidien rekisteröinti on pakollista.

Kasvinsuojeluaineiden rekisteröintiin liittyvät tiedot saa Elintarviketurvallisuusvirasto Eviralta, jonka kautta rekisteröintiprosessi aloitetaan. Eviran ohella tärkeitä asiantuntijatahoja ovat Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto (Valvira) sekä Suomen ympäristökeskus (SYKE). Valviran pääroolina on terveystarvien arviointi ja SYKE:n vastuulla ovat ympäristöön liittyvien riskien arvioinnit. Kasviperäiset aineet rekisteröidään toistaiseksi täsmälleen samalla periaatteella kuin synteettisetkin kemikaalit. Systemi on kallis ja hidas, joten EU käynnisti Rebeca-hankkeen, jonka tehtävänä on ollut esittää komissiolle uudet biotuotteiden (bPPP) rekisteröintikäytännöt. Esitys valmistui ja julkaistiin syksyllä 2007.

---

*Avainsanat: koivutisle, terva, kasvinsuojeluaineet, biosidit, rekisteröinti, direktiivit, lainsäädäntö, biologinen torjunta, asetukset*

---

# Market potential of birch tar oil and registration as biological plant protection products

Kari Tiilikkala<sup>1)</sup>, Reijo Vanhanen<sup>2)</sup>, Sari Autio<sup>3)</sup> and Kenneth Bergroth<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Rillitie 1,FI-31600 Jokioinen, Finland, firstname.lastname@mtt.fi

<sup>2)</sup>Finnish Food Safety Authority Evira, Control Department Mustialankatu 3, FI-00790 Helsinki, Finland, firstname.lastname@evira.fi

<sup>3)</sup>Finnish Environment Institute, Chemicals Division, P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland, firstname.lastname@ymparisto.fi

<sup>4)</sup>Technology Centre Ketek LTD, Korpintie 8, FI-67100 Kokkola, Finland, kenneth\_bergroth@golder.fi

## Abstract

Potential for developing natural pesticides from plant chemicals has long been recognized and represents an alternative screening and discovery strategy for developing new plant protection compounds. Birch tar oil (BTO) is a distilled by-product from the patented pyrolysis process (Charcoal Finland Ltd) of producing charcoal from silver birch. Our results have proved that BTO can be used as biological plant protection product (bPPP) and biocide. The oil has also been used for colouring of wood materials and to dim smells as well as an aroma agent. Need of botanicals is notable in organic farming as well as in low in-put IPM programs. Comprehensive studies determining the ecotoxicological effects of BTO on non-target soil organisms indicated that direct and indirect effects of BTO on soil food-webs appear not to be significant. The majority of acute toxicity values ( $EC_{50}$ ) of the BTO were less than 100 000  $\mu\text{g/L}$ , indicating BTO to be practically non-toxic for most aquatic organisms. In spite of our results showing good efficacy of the BTO as bPPP, the strict registration policy of plant protection products in the EU could limit commercialization of BTO in the member countries regulated in Eu directive. Difficulty of the registration of botanicals has been a well known fact, and thus e.g. REBECA project has suggested some changes to the registration process of bPPP's in Europe. Also The Thematic Strategy on Sustainable use of Pesticides (EU commission 2007) emphasize replacement of synthetic chemicals with environmentally friendly control technologies. Eco Koivu repellent is so far the only BTO product which can be commonly used in Finland but only for experimental purposes. Our results suggested that the potential of BTO as bPPP is much wider than the use as repellent.

---

*Key words: birch tar oil, plant protection, biological control, IPM, botanicals, bPPP, registration*

---



## Johdanto

Tervan viimeaikainen historia EU:n säädösviidakossa osoitti suomalaisille hyvin miten perinteisten ja pitkään käytössä olleiden aineiden käyttö ja kaupallistaminen biosidiksi voi olla vaikeaa, jos säädösten edellyttämä dokumentaatio puuttuu. Samaan tilanteeseen voidaan joutua koivutisleen kaupallistamisessa kasvinsuojeluaineeksi.

Ei riitä, että on näyttöä tisleen tehosta kasvinsuojeluaineena ja sen vähäisistä ympäristöriskeistä. Ei riitä sekään, että markkinatutkimuksen tulokset osoittavat biologisten aineiden kysynnän sekä synteettisten kemikaalien käytön korvaamisen luonnon aineilla olevan vahvasti esillä EU:n torjunta-ainepolitiikassa. Myyntiä valvova viranomais (Evira) joutuu keskeyttämään kaikkien kasvinsuojeluaineiden myynnin, jos niillä ei ole EU:n direktiivien edellyttämää hyväksymistä tai Eviran myöntämää koetoimintalupaa (<http://ec.europa.eu/environment/ppps/home.htm>).

Kasvinsuojeluaineiden ja biosidien ennakkohyväksyminen ennen markkinoille saattamista on siis pakollista, joten myyjillä ja tuotekehittäjillä on valittavana kaksi kaupallistamispolkua: rekisteröinti biosidiksi tai kasvinsuojeluaineeksi. Ratkaisu tehdään sen mukaan onko käytön tavoitteena estää kasveja vioittavien tuhoojien vaikutukset vai muu torjunta kuten esim. rakennuspuun lahon esto

Kasvinsuojeluaineiden hakemusmenettelyyn liittyvät tiedot saa Eviralta, jonka kautta hyväksymisprosessi aloitetaan. Eviran ohella tärkeitä asiantuntijatahoja ovat Valvira sekä SYKE, jotka vastaavat biosidituotteiden hyväksymismenettelystä tuoteryhmäkohtaisesti. Valviran pääroolina on terveystarvikkeiden arviointi ja SYKE:n vastuulla on ympäristöön liittyvien riskien arviointi. Olennaista koko rekisteröinnissä on varsin laajan ja kalliin dokumentaation hankinta. Ilman tehoaineen ja valmisteen ominaisuus- ja vaikutustodisteita ei kasvinsuojeluaineen tai biosidin hyväksyminen ole mahdollista. Tarvitaan osaamista ja rahaa sekä aikaa, joten rekisteröinti on käytännössä mahdollista vain suurille yrityksille tai pienten yritysten yhteenliittymille.

Kasviperäisten kasvinsuojeluaineiden rekisteröinnin vaikeus Euroopassa on yleisesti tunnettu ongelma, johon ratkaisua on haettu mm. EU:n rahoittamalla Rebeca-projektilla (<http://www.rebeca-net.de/>). USA:ssa ei vastaavaa ongelmaa ole, joten siellä kasviperäisten tuotteiden kauppa laajenee jo vauhdilla (<http://www.ecosmart.com/Commercial/Products/main.asp>). On mahdollista, että EU:n vauhdittama KBBE-politiikka (bioekonomia) johtaa laajaan tuotekehitykseen ja sen jälkeen kasviperäisten tuotteiden kaupallistamisongelmiin. Sama riski eli innovaatioiden pysähtyminen rekisteröintivaiheessa liittyy laajemminkin suomalaiseen Biorefinery-kehitykseen, jota vauhditetaan mm. TEKES:n uudella tutkimusohjelmalla.

## Kasvinsuojeluaineiden hyväksymismenettely

Kasvinsuojeluaineet on kehitetty tuhoamaan haitallisia kasveja, torjumaan kasveja vioittavia eläimiä tai antamaan suojaa kasvitauteja vastaan. Niiden käyttö luo osaltaan edellytykset korkealaatuisten, suurien satojen muodostumiselle. Hyödyllisten ominaisuuksien vastapainona ovat kuitenkin usein aineiden haitalliset vaikutukset ihmisten ja eläinten terveyteen tai ympäristöön. Käytöstä aiheutuvien riskien välttämiseksi torjunta-aineet ovat olleet jo yli viiden vuosikymmenen ajan ennakkohyväksymismenettelyn piirissä. Valmisteen ominaisuuksista, käyttökelpoisuudesta sekä terveys- ja ympäristövaikutuksista tulee toimittaa perusteelliset selvitykset. Asiantuntijaviranomaisten tekemien arviointien perusteella määrätään kasvinsuojeluaineiden käyttöohjeet, käytön rajoitukset, varoitukset ja suojautumisohjeet.

### Lainsäädäntö

Euroopan yhteisössä tehoaineet hyväksytään yhteisesti, valmisteet kansallisesti. Jäsenvaltiot eivät saa hyväksyä muita kuin yhteisössä hyväksytyjä tehoaineita sisältäviä valmisteita. Kasvinsuojeluaineiden markkinoille saattamista koskeva direktiivi 91/414/ETY (PPP-direktiivi) tuli voimaan 25.7.1993. Uusi ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi kasvinsuojeluaineiden markkinoille saattamisesta hyväksyttiin 18.6.2008.

Direktiivin liitteeseen I (positiiviluettelo) sisällytetään yhteisössä hyväksytyt kasvinsuojeluaineiden tehoaineet. Liitteissä II ja III on esitetty tehoaineen ja valmisteen arviointiin vaadittavat tutkimukset. Kemiallisille ja biologisille tehoaineille ja valmisteille on omat tutkimusvaatimuksensa. Kasvinsuojeluaineiden yhdenmukaiset arviointi- ja hyväksymisperusteet on sisällytetty direktiivin liitteen VI soveltamisohjeisiin (Uniform Principles, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 97/57/EY). PPP-direktiivin voimaantulon jälkeen EU:ssa markkinoille tulleita tehoaineita sisältäviä valmisteita hyväksyttäessä noudatetaan direktiivin säädöksiä.

Direktiivin määräykset on kirjattu kansalliseen lainsäädäntöömme Suomen liittyessä Euroopan Unioniin. Säädöksiä on sen jälkeen aika ajoin tarkistettu. Torjunta-ainelain kokonaisuudistukseen liittyvät säädökset tulivat voimaan vuoden 2007 aikana. Ns. muut torjunta-aineet on siirretty kemikaalilain mukaiseen järjestelmään. Kasvintuotannossa käytettäviä valmisteita koskevat säädökset sisältyvät kasvinsuojeluaineista annettuun lakiin 1259/2006. Hyväksymismenettelyyn liittyvät yksityiskohtaiset säännökset on annettu MMM:n asetuksella kasvinsuojeluaineen hyväksymisen hakemisesta ja hyväksymisestä sekä niihin liittyvistä menettelyistä.

Kasvinsuojeluaineista annetun lain perusteella kasvinsuojeluaineella tarkoitetaan tehoainetta sekä yhtä tai useampaa tehoainetta sisältäviä valmisteita siinä muodossa, jossa ne toimitetaan käyttäjille ja jotka on tarkoitettu:

- a) suojelemaan kasveja tai kasvituotteita kasvintuhoajalta;
- b) vaikuttamaan kasvien elintoimintoihin muulla tavoin kuin ravinteina;
- c) vaikuttamaan kasvituotteiden säilyvyyteen, jollei näihin aineisiin ja valmisteisiin sovelleta elintarvikelisiä aineita koskevia erityissäännöksiä;
- d) tuhoamaan haitallisia kasveja; tai
- e) tuhoamaan kasvin osia tai estämään kasvien haitallista kasvua.

Markkinoille saattamisella tarkoitetaan jokaista luovutusta joko maksua vastaan tai vastikkeetta silloin, kun kyseessä ei ole siirto varastointiin, jota seuraa toimitus Euroopan yhteisön alueen ulkopuolelle. Myös kasvinsuojeluaineen vapaaseen liikkeeseen laskeminen yhteisön alueelle on markkinoille saattamista.

## Hyväksymisen hakeminen

Kasvinsuojeluaineen hyväksymistä voi hakea toiminnanharjoittaja, jolla on pysyvä toimipaikka jossakin EU:n jäsenvaltiossa. Hyväksymistä haetaan Elintarviketurvallisuusvirasto Eviralta. Hakijan tulee toimittaa hakemuksen yhteydessä suuri määrä tietoja: 1) tiedot ja tutkimukset valmisteen käyttötarkoituksesta ja -tavasta sekä tehokkuudesta, 2) käytöstä aiheutuvista jäämistä, 3) valmisteen ja tehoaineen kemiallisista ja fysikaalisista ominaisuuksista, 4) myrkyllisyydestä ja muista terveysvaikutuksista, 5) valmisteen käyttäytymisestä ja vaikutuksista ympäristössä, 6) turvallisen käytön edellyttämistä varotoimista sekä 7) muista hyväksymisen edellytysten arvioinnissa tarvittavista seikoista siten kuin em. direktiivin liitteissä ja MMM:n asetuksessa säädetään.

Tutkimusaineisto on koottava EU:ssa hyväksytyjen ohjeiden (1663/VI/94) mukaisesti. Jos hakemus täyttää Eviran arvion mukaan yhteisön lainsäädännössä asetetut vaatimukset, hakijan on toimitettava täydellinen tutkimusaineisto tehoaineesta sekä vähintään yhtä ko. tehoainetta sisältävästä valmisteesta Euroopan elintarviketurvallisuusvirastolle (EFSA), EY:n komissiolle ja muille jäsenvaltioille. Sen jälkeen kun komissio on antanut päätöksen aineiston riittävydestä, tutkimusaineiston arviointi tulee tavallisesti sen jäsenmaan (RMS = rapporteur member state eli raporttija valtio) tehtäväksi, mihin hakemus on ensimmäisenä jätetty.

Suomessa arviointiraportin laadintaan osallistuvat Eviran ohella Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus (STUK) ja valvontavirasto (Valvira) sekä Suomen ympäristökeskus (SYKE). Arviointiraporttiluonnos toimitetaan EFSA:lle, jonka johdolla sitä käsitellään asiantuntijakokouksissa ja komission arviointi- ja lainsäädäntötyö-

ryhmissä. Kaikista uusista tehoaineista pyydetään tieteellisen kasvikomitean (SCP) lausunto. Lopullisen ehdotuksen tehoaineen hyväksymisestä laatii komissio. Päätöksentekoon osallistuu elintarvikeketjua ja eläinten terveyttä käsittelevä pysyvä komitea (*Standing Committee on the Food Chain and Animal Health = SCFCAH*), joka koostuu jäsenvaltioiden edustajista.

Mikäli komitean kanta on myönteinen, komissio antaa direktiivin tehoaineen sisällyttämiseksi positiiviluetteloon. Komissio voi asettaa kasvinsuojeluaineen käytölle ehtoja ja rajoituksia, joita jäsenvaltioiden on noudatettava valmistetta hyväksyttäessä. Tehoaineen hyväksymispäätös on voimassa määräajan, enintään kymmenen vuotta, mutta tehoaine voidaan tarvittaessa ottaa muulloinkin uudelleen käsiteltäväksi.

## Valmisteen hyväksyminen Suomessa

Kasvinsuojeluaine hyväksytään, jos seuraavat edellytykset täyttyvät:

- 1) kasvinsuojeluaineen tehoaine on hyväksytty Euroopan yhteisön alueella sallituksi tehoaineeksi yhteisön kasvinsuojeluaineita koskevan lainsäädännön mukaisesti;
- 2) valmiste on asianmukaisesti tarkoitukseensa käytettynä riittävän tehokasta;
- 3) valmisteella ei ole kohtuuttomia haittavaikutuksia kasveihin, kasvi tuotteisiin ja ympäristöön;
- 4) valmiste ei aiheuta kohtuuttomia kärsimyksiä torjuttaville selkärangkaisille eläimille;
- 5) valmisteella ei ole haitallisia vaikutuksia ihmisten tai eläinten terveyteen taikka pohjaveteen;
- 6) käytettävissä on määritysmenetelmät kasvinsuojeluaineen sisältämille tehoaineille sekä sellaisille valmisteen sisältämille aineille ja käytöstä aiheutuville jäämille, joilla voi olla merkittäviä terveys- tai ympäristövaikutuksia, ja että valmisteen käytöstä maataloustuotteisiin aiheutuvien jäämien enimmäismäärät on asetettu; sekä
- 7) valmisteen soveltuvuutta käyttötarkoitukseensa on tutkittu Suomessa tai muualla, jossa maatalous-, kasvinsuojelu- ja ympäristöolot ovat samankaltaiset.

Uusia tehoaineita sisältävien valmisteiden tehokkuuden ja käyttökelpoisuuden arviointi tehdään Evirassa hakijan toimittaman aineiston perusteella. Aineisto voi perustua myös muualla kuin Suomessa tehtyihin tutkimuksiin. Biologisten tehokkuuskokeiden on noudatettava hyvälle testaustoiminnalle (Good Experimental Practice = GEP) asetettuja vaatimuksia. Vaatimukset sisältyvät komission direktiiviin 93/71/ETY. Mm. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus on virallisesti hyväksytty testauslaitos, jossa hakijat voivat ostopalveluna teettää tehokkuuskokeita. Evira tarkastaa valmisteiden

kemialliset, fysikaaliset ja tekniset ominaisuudet, arvioi jäämien enimmäismäärät ja asettaa tarvittaessa tilapäiset enimmäismäärät jäämäpitoisuuksille.

Valmisteen terveysvaikutukset arvioi Valvira. Lausunnossaan Valvira tekee esityksen valmisteen luokituksesta ja varoitusmerkinnöistä (ns. R-lauseet). Valvirassa arvioidaan myös kasvinsuojeluaineiden työhygieeniset ominaisuudet. Myyntipäällykseen merkittävät turvallisuustoimenpiteitä osoittavat ns. S-lausekkeet ja suojainohjeet määräytyvät valmisteen haitallisuuden perusteella. Valmisteen ympäristövaikutukset arvioi SYKE. Ympäristöhaittojen ehkäisemiseksi SYKE esittää tarvittaessa hyväksymisen ehdoksi käytön rajoituksia ja varoituksia.

Tarkastusten ja lausuntojen valmistuttua Evira päättää kasvinsuojeluaineen hyväksymisestä. Hyväksyminen annetaan enintään kymmeneksi vuodeksi, ja se voidaan hakemuksesta uudistaa. Hyväksymispäätöksessä vahvistetaan valmisteen käyttötarkoitus, luokitus, käyttöohje, mahdolliset rajoitukset ja muut käytön ehdot. Hyväksymättömien kasvinsuojeluaineiden käyttö on sallittua vain tutkimus- ja kehitystarkoituksiin, mikäli Evira on myöntänyt niihin luvan.

Uusien kasvinsuojeluaineiden käyttöönoton nopeuttamiseksi jäsenvaltioilla on mahdollisuus hyväksyä kolmeksi vuodeksi valmiste, jonka tehoainetta ei ole vielä hyväksytty EU:n positiiviluetteloon. Valmiste voidaan hyväksyä sen jälkeen, kun komissio on antanut päätöksen tutkimusaineiston riittävydestä, jos valmisteen arvioidaan muutoinkin täyttävän hyväksymisen edellytykset.

## **Kustannukset**

Kasvinsuojeluaineiden hyväksymismaksuista on säädetty MMM:n asetuksessa Eviran maksullisista suoritteista (1475/2007). Biosidien hyväksymismaksuista on säädetty STM:n asetuksessa Valviran maksullisista suoritteista (1395/2006, muutos 827/2007) ja YM:n asetuksessa SYKE:n maksullisista suoritteista (1207/2006, muutos 749/2007).

PPP-direktiivin mukaisesta tehoaineen ja yhden tai useamman valmisteen arvioinnista peritään kemiallisilta tehoaineilta 225 960 € ja biologisilta 112 980 €. Maksua alennetaan 25 %:lla, jos käsittelyn vaatima työmäärä jää vähintään 25 % alle em. maksujen perusteena olleen työmäärän, ja korotetaan 25 %:lla, jos työmäärä ylittää vähintään 25 %:lla tavanomaisen työmäärän. Usein samaa tehoainetta sisältäviä valmisteita voidaan käyttää myös biosidi-direktiivin piiriin kuuluviin käyttötarkoituksiin. Mikäli hakemukset jätetään Suomen viranomaisille, hakemuskustannukset alenevat, koska samoja arviointeja voidaan käyttää hyödyksi molempiin direktiiveihin perustuvissa arvioinneissa.

Viranomaiskustannusten lisäksi pitää hakijoiden varautua ennen hakemuksen jättämistä merkittäviin kustannuksiin, jotka aiheutuvat rekisteröintien edellyttämien tietojen hankinnasta, tutkimuksista, testeistä sekä analyyseistä.

## **Kasvinsuojeluaineiden ympäristövaikutukset**

Kasvinsuojeluaineilta edellytetään ennen niiden markkinoille päästämistä ympäristöriskien arviointia EU:n kasvinsuojeluininedirektiivin (91/414/EEC) mukaisesti. Riskinarvioinnissa tarkastellaan sekä tehoaineen ja sen hajoamistuotteiden riskejä että myös kauppavalmisteen aiheuttamia riskejä sen haetuissa käyttökohteissa. Tehoaineiden riskinarviointi on EU:ssa jaettu jäsenmaiden kesken, ja päätökset tehoaineiden hyväksyttävyydestä tehdään yhteisötasolla. Valmisteet arvioidaan ja hyväksytään kansallisesti. Samaakin tehoainetta sisältäviä valmisteita voi eri maissa olla markkinoilla hyvin monenlaisia. Valmisteiden koostumuksessa ja valmistetyypeissä voi olla suuriakin eroja ja lisäksi samankin valmisteen käyttökohteissa, käyttömäärissä, käyttöohjeissa ja käytön rajoituksissa voi olla huomattavia eroja eri jäsenmaissa. Valmisteen ympäristöriskien arvioinnissa otetaan Suomessa huomioon käytöolosuhteet erityisesti pohjoisissa, kylmissä ilmasto-oloissamme.

## **Kasvinsuojeluaineilta vaadittava ympäristövaikutuksia koskeva tutkimusaineisto**

Kasvinsuojeluaineiden tutkimusvaatimuksista on säädetty kasvinsuojeluininedirektiivin liitteissä II ja III. Hyväksymisen hakijan on liitettävä hakemukseensa kansainvälisten standarditestiohjeiden mukaiset tutkimukset, jotka on tehty hyvän laboratoriokäytännön mukaisesti ja raportoitu OECD:n ohjeiden mukaisesti. Suomen ympäristökeskuksessa arvioidaan tehoaineen ja sen hajoamistuotteiden käyttäytymistä ympäristössä sekä tehoaineen, hajoamistuotteiden ja valmisteen eliövaikutuksia koskevat tutkimukset. Niiden perusteella tehdään riskinarviointi ja annetaan lausunto Eviralle, joka vastaa valmisteiden hyväksymisestä Suomessa.

## **Tehoaineen käyttäytyminen ympäristössä**

Tehoaineen käyttäytymistä ympäristössä arvioidaan mm. sen hajoamiseen, kulkeutumiseen, leviämiseen ja kertymiseen liittyvillä tutkimuksilla. Käyttäytymistä selvitetään maaperässä, pinta- ja pohjavesissä ja ilmakehässä.

Hajoamista maassa ja vedessä tutkitaan radioaktiivisesti leimatulla tehoaineella, jonka avulla saadaan selville hajoamistuotteet, niiden muodostumisosuudet ja hajoamisreitti. Hajoamisnopeus selvitetään laboratoriokokeissa vähintään kolmessa eri maalajissa, hapellisissa ja hapettomissa olosuhteis-

sa, +20 asteessa ja vähintään yhdessä maalajissa myös kylmemmässä, +10 asteessa. Hajoamisnopeutta kuvataan puoliintumisajalla (DT50), minkä kuluessa puolet alkuperäisestä tehoaineesta on ehtinyt hajota. Laboratoriokokeiden lisäksi hajoamista maassa tutkitaan kenttäkokeissa. Hajoamiskokeiden tuloksia käytetään laskettaessa ennustettua pitoisuutta maassa (PEC), joka on riskinarvioinnissa käytettävä tärkeä suure ja kuvastaa aineen pitkäaikaisesta jatkuvasta käytöstä maahan kertyvää pitoisuutta.

Kulkeutuvuutta maassa kuvaa adsorptio/desorptiokoe, jolla selvitetään tehoaineen sitoutumista maahan vesilietteessä. Heikosti sitoutuvilla aineilla on suurempi riski kulkeutua syvempiin maakerroksiin ja pohjaveteen. Sitoutuminen voi olla myös väliaikaista, jolloin ainetta vapautuu uudelleen maaveiteen ajan myötä. Huuhtoutumista tutkitaan lisäksi maapylväs- ja lysimetrikokeissa, joissa maapatsas analysoidaan kerroksittain sadetuksen jälkeen. Tutkimustietoja käytetään tehoaineen kulkeutuvuuden tietokonemallinnuksessa syöttötietoina, jolloin saadaan arvio pitkän aikavälin pohjavesipitoisuuksista valmisteen käyttöohjeen mukaisessa käytössä. EU:ssa on käytössä useita pohjavesimalleja, joihin on kehitetty yhteisön erilaisia olosuhteita kuvaavia skenaarioita (ns. FOCUS-skenaariot). Pohjavesiriskinarvioinnin perusteella määrätään valmisteille tarvittaessa käytön rajoituksia pohjavesialueilla.

Hajoamista vesiympäristössä tutkitaan vesi-sedimenttikokeen avulla radioaktiivisesti leimatulla tehoaineella, jolloin saadaan selville hajoamistuotteet, niiden muodostumisosuudet ja hajoamisreitti sekä hajoamisnopeus sekä aineiden jakautuminen vesi- ja sedimenttifaaseihin. Myös happamuuden vaikutusta hajoamiseen tutkitaan hydrolyysikokeen avulla ja valokemiallista hajoamista fotolyysikokeen avulla. Hajoamiskokeiden tulosten perusteella lasketaan ennustettu pitoisuus (PEC) vesistössä, jota käytetään vesieliöriskin arvioinnissa.

Tehoaineen rasvaliukoisuus ja oktanoli/vesi-jakautumiskerroin kuvastavat sen taipumusta kertyä eliöihin. Kertymistä tutkitaan lisäksi määrittämällä tehoaineen biokertyvyyskerroin (BCF) kalan kudoksiin ja poistumisnopeus kalasta puhtaaseen veteen siirtämisen jälkeen.

## **Tehoaineen vaikutukset eliöihin**

Tehoaineen ja valmisteen eliövaikutuksia tutkitaan eri eliöryhmillä, kuten linnuilla ja nisäkkäillä, vesieliöistä kaloilla, äyriäisillä ja levillä, mehiläisillä ja muilla hyödyllisillä niveljalkaisilla, lieroilla ja muilla maaperän hajottajaeliöillä, maaperän mikrobeilla ja kasveilla. Valmisteen käyttötarkoituksesta riippuu, mitkä eliöryhmät altistuvat käytön seurauksena, joten valmistetutkimuksia voidaan osittain kohdentaa altistuksen kannalta olennaisiin eliöryhmiin.

Vaikutuksia lintuihin tutkitaan kahdella eri lajilla, joista sinisorsa ja viiriäinen ovat yleisimmät koe-eläinlajit. Akuuttia myrkyllisyyttä tutkitaan kertaannostuksena suun kautta vähintään kolmella eri annostasolla. Tulokseksi saadaan LD50-arvo, joka kuvaa annosta, jolla puolet koe-eläimistä on kuollut. Lyhytkestoinen eli subakuutti altistuskoe kestää viisi vrk ja siinä lintujen altistus tapahtuu ravinnon kautta. Subakuutin kokeen tuloksena saadaan selville LC50-arvo eli ravinnon pitoisuus, jolla puolet koe-eläimistä on kuollut. Lintujen lisääntymiskokeessa tutkitaan ravinnon kautta tapahtuvan altistuksen vaikutusta emojen kuntoon, käyttäytymiseen ja kuolleisuuteen sekä jälkeläistuotantoon ja jälkeläisten kuntoon ja kuolleisuuteen. Tuloksina saadaan LC50-arvo ja NOEC, eli pitoisuus, jossa ei havaita minkäänlaisia vaikutuksia verrattuna kontrolliin.

Ympäristövaikutusten arviointia varten ei vaadita erillisiä nisäkäskokeita, vaan käytetään laboratorionisäkkäillä tehtyjen terveysvaikutusten tutkimusten tuloksia. Siten riskinarviointi edellyttää yhteistyötä eri viranomaisten välillä, jotta saadaan käyttöön luotettavimmat ja käyttötarkoituksen kannalta olennaisimmat tulokset.

Vesieliömyrkyllisyyttä tutkitaan vähintään kolmella eri eliöryhmällä, kaloilla, äyriäisillä (vesikirpuilla) ja levillä. Akuutit vesieliökokeet ovat kemikaalien ympäristöriskien arvioinnissa perustestejä, jotka vaaditaan aina. Niiden tulokset ovat perusteena aineiden ympäristövaaran luokitukselle ja myyntipäällyksmerkinnöille.

Akuuttia myrkyllisyyttä kaloille tutkitaan vähintään kahdella kalalajilla, joista toinen on kylmän ja toinen lämpimän veden laji, vähintään viidessä pitoisuudessa ja neljän vuorokauden ajan. Tuloksena saadaan LC50-arvo. Krooninen myrkyllisyys tutkitaan nuorilla kirjolohilla 28 vuorokauden ajan ja tuloksena saadaan NOEC-arvo eli pitoisuus, jossa mitään vaikutuksia ei havaittu. Lisäksi voidaan vaatia tutkimuksia kalan varhaisvaiheilla (munasolusta ruskuaispussivaiheen loppuun) tai kalan koko elinkierron kestäviä testejä, jos tehoaine on eliöihin kertyvää, hitaasti hajoavaa tai sen epäillään aiheuttavan hormonitoimintoihin kohdistuvia vaikutuksia.

Äyriäisiin kuuluva vesikirppu on selkärangattomista vesieliöistä yleisin testilaji. Akuutti myrkyllisyyskoe vesikirpulle vaaditaan aina. Kokeessa vesikirppuja altistetaan kahden vuorokauden ajan vähintään viidessä pitoisuudessa ja tulokseksi saadaan EC50-arvo eli pitoisuus, jossa puolella koe-eläimistä esiintyy vaikutuksia. Kuolleisuutta on vaikea mitata pienistä vesikirpuista, joten kokeessa vasteena on liikkumattomuus. Krooninen vesikirppukoe kestää 21 vrk ja siinä mitataan vesikirppujen jälkeläistuottoa ja saadaan tulokseksi NOEC-arvo eli vaikutukseton pitoisuus.

Levät ovat eliöryhmä, joka vastaa vesistöjen perustuotannosta ja siten kemikaalin vaikutuksilla leviin on vastaavasti seurausvaikutuksia kaikkien muiden



vesieliöryhmien ravinnonsaantiin ja kuntoon. Siten levät ovat tärkeä eliöryhmä myös tutkimusvaatimusten kannalta. Tutkimuksia vaaditaan vähintään kahdella eri viherlevälajilla sekä lisäksi myös pii- tai sinilevällä, jos kyseessä on rikkakasvien torjuntaan tarkoitettu aine. Kokeessa tutkitaan vaikutusta levän biomassaan (EbC50) ja kasvunopeuteen (ErC50) 72 tunnin aikana. Rikkakasvien torjuntaan käytettäviltä aineilta vaaditaan leväkokeiden lisäksi myös tutkimusta vaikutuksista vesikasveihin, jolloin yleisimpänä koelajina on limaska (*Lemna* sp.).

Mehiläiset ja kimalaiset vastaavat kasvien pölytyksestä ja vaikuttavat siten monien viljelykasvien satotasoon. Siksi on tärkeää tutkia, onko kasvinsuojeluaineilla vaikutuksia mehiläisille ja muille hyödyllisille niveljalkaisille. Akuutti myrkyllisyyskoe mehiläisillä vaaditaan aina, kun mehiläisten altistuminen on mahdollista. Kokeessa mehiläisiä altistetaan sekä ravinnon kautta että kontaktialtistuksena viidellä eri annostasolla, ja käyttäytymistä ja kuolleisuutta seurataan neljä vuorokautta altistuksen jälkeen. Tuloksena saadaan oraalinen ja kontakti-LD50-arvo eli annos, jolla puolet koe-eläimistä on kuolleet. Muista hyötyniveljalkaisista tärkeimmät koe-eläimet ovat petopunkki (*Typhlodromus pyri*) ja *Aphidius rhopalosiphi* -loispistiäinen, jotka ovat tuholaisten luontaisia petoja ja loisia. Niillä tehdyissä kokeissa vasteina ovat kuolleisuus, jälkeläistuotto ja loisintakyky. Mikäli näillä herkkillä standardilajeilla tehtävissä kokeissa saadaan esiin vaikutuksia, tulee testata näiden lisäksi myös muita niveljalkaislajeja, jotka elävät aineen käyttökohteen kannalta vertailukelpoisissa oloissa, esimerkiksi maakiitäjäisiä, leppäpirkkoja tai harsokorentoja. Tästä syystä niveljalkaiskokeet ovat yleensä aina valmisteella tehtyjä kokeita.

Kasvinsuojeluaineesta valtaosa päättyy yleensä aina peltomaahan joko suoraan käsittelyn yhteydessä tai viimeistään hajoavan kasviaineksen mukana. Siitä syystä orgaanisen aineksen hajottamiseen kykenevät eliöryhmät ovat keskeisessä asemassa myös kasvinsuojeluaineiden hajotuksessa ja esimerkiksi maaperän lierot, makro- ja mikro-organismit yleensä aina altistuvat kasvinsuojeluaineille niitä käytettäessä.

Myrkyllisyyttä lieroille tutkitaan akuutissa 14 vuorokauden kokeessa, jossa vasteena on kuolleisuus, painon muutokset ja käyttäytyminen kokeen aikana. Tuloksena saadaan LC50-arvo. Lisäksi vaaditaan lierojen lisääntymiskoe, jos aineen hajoaminen maassa on kohtalaisen hidasta tai käsittelykertoja on useampia kuin yksi kasvukaudessa. Lisääntymiskokeessa tutkitaan painonmuutoksia, käyttäytymistä ja jälkeläistuottoa vähintään 28 vuorokauden ajan viidessä pitoisuudessa. Yleisin koe-eläin lierokokeissa on tunkioliero. Laboratoriokokeiden lisäksi voidaan vaatia myös kenttäkokeita lieroilla, joissa käsiteltävien peltojen ja vertailualueiden lieropopulaatioita vertaillaan vähintään yhden kasvukauden tai vuoden ajan. Tällaisia kenttäkokeita on käytettävissä kuitenkin erittäin harvoin suomalaista ilmastoa vastaavissa olosuhteissa, joten niiden tulkinta on yleensä erittäin vaikeaa.

Maaperän mikrobien lajisto on niin laaja ja vaihteleva, että on päädytty yksittäisten lajien sijasta tutkimaan mikrobien elintoimintoja yleisesti. Maan viljavuuteen liittyviä keskeisiä mikrobitoimintoja ovat typen kiertoa kuvaava nitrifikaatio ja hiilen kiertoa kuvaava maahengitys. Kokeet tehdään viljelykäytössä olevista tuoreista maanäytteistä laboratorioissa vähintään kahdessa pitoisuudessa, joista toinen on lähellä valmisteen normaalia käyttöohjeen mukaista määrää ja toinen esimerkiksi kymmenkertainen.

Tutkimusaineistoon kuuluvat lisäksi tutkimukset tehoaineen vaikutuksesta muihin kuin torjunnan kohteena oleviin kasveihin sekä vaikutukset jätevesipuhdistamojen toimintaan. Hitaasti hajoavien tehoaineiden kohdalla vaaditaan lisäksi tutkimuksia niiden vaikutuksista maaperän orgaanisen aineksen hajotukseen osallistuvien makroeliöille, kuten hyppyhäntäisille samoin kuin karikepussikoetta, jossa selvitetään tehoaineen vaikutusta karikkeen hajotusnopeuteen kenttäolosuhteissa.

Tutkimusaineistoon kuuluvat lisäksi tutkimukset tehoaineen vaikutuksesta muihin kuin torjunnan kohteena oleviin kasveihin sekä vaikutukset jätevesipuhdistamojen toimintaan.

## **Ympäristöriskien arviointi**

Eliötutkimuksista saatuja myrkyllisyysarvoja (kuten LC50 tai NOEC) verrataan ennustettuihin pitoisuuksiin maassa tai vesistössä, jolloin lasketaan kullekin eliöryhmälle ja akuutille ja krooniseen altistukselle tunnusomaiset TER-arvot (toxicity/exposure ratio) valmisteen hyvän maatalouskäytännön mukaisista käytöistä. Näin saatuja TER-arvoja vertaillaan kasvinsuojeluainedirektiivin liitteessä VI annettuihin raja-arvoihin, jolloin tulkitaan, onko kunkin eliöryhmän riski hyväksyttävällä tasolla vai ei. Linnuilla ja lieroilla akuutin riskin hyväksyttävyyden raja-arvo on TER=10 ja kroonisen riskin TER=5. Vesieliöillä akuutin riskin TER=100 ja kroonisen riskin TER=10, levillä ja vesikasveilla kuitenkin akuutin riskin TER=10. Mehiläisten ja muiden niveljalkaisten riskin luonnehdinta perustuu haittaosamäärään (HQ), jossa myrkyllisyyttä verrataan valmisteen käyttömäärään.

Riskin katsotaan olevan hyväksyttävällä tasolla, jos TER ylittää kyseisen raja-arvon. Turvakerroin on sisällytetty raja-arvoon ja sitä voidaan tietyissä tapauksissa pienentää tarkennetun riskinarvioinnin avulla, jos valmisteesta on käytettävissä runsaammin ja monipuolisempia tutkimuksia, tai jos altistustietoja pystytään tarkentamaan erityisissä tapauksissa. Tarkennettu riskinarviointi vaatii kuitenkin aina tapauskohtaista harkintaa, asiantuntija-arviota ja neuvottelua hakijan ja viranomaisten välillä.

## Riskinvähennystoimet

Mikäli tarkennetussakaan riskinarvioinnissa ei saada riskiä hyväksyttävälle tasolle, tulee sitä pienentää erityisillä riskinvähennystoimilla, kuten antamalla valmisteelle käytön rajoituksia, esimerkiksi toistuvan käytön rajoituksen peräkkäisinä vuosina samalla peltolohkolla. Riskinvähennystoimena voidaan myös rajata hyväksyminen ainoastaan tiettyyn käyttöön tai valmistetyyppiin, esimerkiksi käytettäväksi ainoastaan siementen peittaukseen, mutta ei ruis-kutteenä. Ellei riskinvähennystoimienkaan avulla riskiä saada hyväksyttäväksi, eivät valmisteen hyväksymisen edellytykset täyty eikä valmistetta voida siten hyväksyä käyttöön.

Suomessa yleisimpiä rajoituksia ovat esimerkiksi käyttökielto pohjavesialueilla maaperässä kulkeutuville kasvinsuojeluaineille, suojaetäisyydet vesistöihin vesieliöille myrkyllisille kasvinsuojeluaineille, toistuvan käytön rajoitus maaperässä hitaasti hajoaville kasvinsuojeluaineille, jotka voivat aiheuttaa riskiä maaperäeliöille ja mehiläisvaroitusta aineille, jotka ovat myrkyllisiä mehiläisille. Myös eri kasvilajien viljelykäytäntöjä pyritään ottamaan huomioon esimerkiksi muotoilemalla toistuvan käytön rajoitus tarvittaessa viljelykäytäntöihin sopivaksi. Siten rajoitusten sanamuodot eivät ole aina samanlaisia, vaan niissä on tapauskohtaista vaihtelua. Käytön rajoitukset ja varoitukset on painettu valmisteiden myyntipakkauksiin ja käyttäjien on noudatettava niitä ehdottomasti.

Riskinvähennystoimet ovat aina tapauskohtaisia ja niiden määräytymisessä voi olla eroja eri maiden välillä samankin valmisteen kohdalla. Esimerkiksi vesistörajoituksissa on huomattavia eroja eri jäsenmaiden välillä ja suhtautuminen maaperässä kulkeutuvien aineiden hyväksyttävyyteen voi olla erilaista eri maissa riippuen siitä, voidaanko soveltaa käytön rajoitusta pohjavesialueilla vai ei. Riskinvähennystoimien harmonisointiin ei ole vielä ryhdytty EU:ssa, vaan niitä sovelletaan kansallisesti kunkin maan olosuhteet huomioon ottaen.

## Biosidien ympäristövaikutusten arviointi

Valmisteen käyttötarkoituksesta riippuu, katsotaanko aineen kuuluvan kasvinsuojeluainedirektiivin (91/414/EEC) vai biosididirektiivin (98/8/EC) soveltamisalaan. Komission työryhmissä ratkotaan jatkuvasti jäsenmaiden ja yritysten esittämiä kysymyksiä, ja komissio ylläpitää tiedostoa tapausten ratkaisuksista ja niiden perusteista. Tarvittaessa jäsenmaat voivat joutua äänestämään ratkaisuksista. Siten sama tehoaine voi joutua molempien säädösten mukaiseen hyväksymismenettelyyn, jos sillä on käyttöä sekä kasvinsuojeluaineena että biosidina.

Biosideilta vaadittavan ympäristövaikutuksia koskeva tutkimusaineiston laajuus taas riippuu valmisteen aiotuista käyttötarkoituksista.

Biosididirektiivissä biosidit jaotellaan 23 eri tuotetyyppiin, joiden kaikilta biosideilta vaaditaan aina (ns. common core data set) tehoaineen biohajoavuus, abioottisen hajoamisen testit hydrolyysi ja fotolyysi, adsorptio/desorptio-seulontatesti, akuutit vesieliökokeet kalalla, vesikirpulla ja levällä, aktiivilietteen mikrobitoiminnan estymisestä ja arvio biokertyvyydestä.

Näiden lisäksi vaaditaan tuotetyyppikohtaisia lisätietoja, jos aine on tarkoitettu ulkokäyttöön. Esimerkiksi karkotteena käytettäviltä aineilta vaaditaan varsinaista adsorptio/desorptiokoetta, tutkimuksia vaikutuksista maaperän mikrobitoimintoihin, akuuttia lieromyrkyllisyyskoetta ja akuuttia kasvimyrsyyskoetta. Syöttinä tai rakeena käytettäviltä karkotteilta vaaditaan näiden lisäksi akuuttia myrkyllisyyskoetta linnuilla, lintujen lisääntymiskoetta sekä mehiläisillä tai muilla hyötyniveljalkaisilla tehtyä koetta. Eläinsuojissa käytettäviltä valmisteilta vaaditaan lisäksi anaerobisen hajoamisen tutkimusta.

Puunsuoja-aineena käytettäviltä aineilta vaaditaan edellisten lisäksi pitkäaikaisia vesieliökokeita kalalla, vesikirpulla ja levällä, jos altistus on jatkuvaa. Jos maaperäaltistus on mahdollista, tulee myös toimittaa tutkimuksia vaikutuksista maaperän mikrobitoimintoihin, lieroille ja kasveille. Jos merivesieliöiden altistuminen on mahdollista, tulee lisäksi toimittaa tutkimus biohajoavuudesta merivedessä sekä akuutit vesieliökokeet meri- tai murtovedessä.

Siten biosideilta vaadittava tutkimusaineisto on jonkin verran pienempi kuin kasvinsuojeluaineilta, mutta aineiston kokoamisessa vaaditaan enemmän asiantuntija-arviointia käyttötarkoituksen perusteella vaihtelevien vaatimusten mukaisten tutkimusten tarpeellisuutta punnittaessa.

Biosidien riskinarvioinnissa menettely on jonkin verran erilainen kuin edellä on esitetty kasvinsuojeluaineilla. Biosideilla myrkyllisyyden ja altistuksen suhdetta kuvataan arvioidun ympäristöpitoisuuden ja haitattoman pitoisuuden suhteella (PEC/PNEC). Riskin katsotaan olevan hyväksyttävällä tasolla, jos PEC/PNEC-suhde on alle 1. Siten riskinarvioinnin turvakertoimessa ei ole vaihtelua eri eliöryhmien välillä.

Myös biosideille voidaan tarvittaessa soveltaa riskinvähennyskeinoja, kuten valmisteiden käytön rajoituksia.

## **Biosidien ja torjunta-aineiden käyttäjä-turvallisuuden arviointi**

Vuoden 2006 alusta alkaen muiden kuin kasvinsuojelussa käytettävien torjunta-aineiden lupahallinto siirtyi Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskukselle (STTV) ja Suomen ympäristökeskukselle (SYKE) siten, että hyönteis- ja punkkimyrkyt sekä hyönteiskarkotteet siirtyivät STTV:n hallinnoitavaksi ja jyrsijöiden torjuntaan tarkoitetut valmisteet siirtyivät SYKE:n hallinnoitavaksi. Aikaisemmin hallinnoinnin hoiti Elintarviketurvallisuusvirasto ja hyväksymisestä päätti torjunta-ainelautakunta. Tuotevalvontakeskuksen tehtävänä on ehkäistä ja torjua kemikaalien terveystahittoja sekä palo- ja räjähdysvaaraa. Valvontatehtävät on määritelty kemikaalilaissa ja torjunta-ainelaissa, jotka pääosin pohjautuvat yhteisöainsäädäntöön.

Kemikaaliosasto vastaa uusien aineiden ilmoitusmenettelystä, biosidien hyväksymismenettelystä, olemassa olevien aineiden terveystahittojen ja palo- ja räjähdysvaaran arvioinnista, torjunta-aineiden ja suojauskemikaalien terveysvaikutusten arvioinnista, valtuutettujen testauslaboratorioiden hyväksynnästä ja kemikaalien luokitukseen ja merkintöihin liittyvistä kysymyksistä sekä markkinavalvonnasta.

Kasvinsuojeluaineiden toksikologiset tutkimusvaatimukset käyvät ilmi maa- ja metsätalousministeriön päätöksestä (MMMp 98/1996) ja muiden torjunta-aineiden tutkimusvaatimukset torjunta-ainelautakunnan ohjeesta vuodelta 2003.

## **Uusi kemikaaliasetus REACH**

Euroopan uusi kemikaaliasetus tulee muuttamaan koko Euroopan kemikaalimarkkinnan. Jokaisen yrityksen REACH-rooli ratkaisee sen miten tulevaisuuden markkinoilla pärjätään ja siksi on tärkeää, että REACH-työ yrityksissä aloitetaan mahdollisimman pian.

Rekisteröinti on uusi velvollisuus, joka koskee EU:ssa toimivaa valmistajaa tai maahantuojaa, joka tuo yhteisön alueelle aineita tai esineitä. Tämä velvollisuus on yritykselle sekä taloudellinen että tieteellinen rasite.

REACH tuo velvollisuuksia myös ns. jatkokäyttäjille. Kommunikointi toimitusketjussa on jatkokäyttäjien tärkein velvollisuus. On myös varmistettava siitä, että aineen oma käyttö otetaan huomioon valmistajan tekemässä rekisteröintiasiakirjassa. Ilman altistumisskenaariota ainetta ei saa käyttää. Ellei valmistaja/maahantuoja rekisteröi jatkokäyttäjän käyttösovellutusta, on siitä tehtävä oma kemikaaliturvallisuusarvio ja ilmoitus kemikaalivirastoon. Tämä

on tehtävä myös siinä tapauksessa, että aineen käyttö halutaan pitää luottamuksellisena eikä ilmoiteta sen käytöstä rekisteröijälle.

REACH koskee kaikkia aineita tiettyjä poikkeuksia lukuun ottamatta. Näitä poikkeuksia ovat muilla asetuksilla tai direktiiveillä valvotut aineet, kuten biosidit, lääkkeet, elintarvikelisiä aineita, kasvinsuojeluaineita, jne. Ennen vuotta 1981 markkinoille luovutetuille aineille annetaan aineen määristä ja/tai ominaisuuksista johtuvaa siirtymäaikaa jopa 11 vuotta rekisteröinnin viimeistelyyn, mutta uudet aineet täytyy rekisteröidä heti. Ilman rekisteröintiä ainetta ei saa valmistaa tai käyttää EU:n alueella. *No data - no market!*

Rekisteröitävän aineen tietovaatimukset riippuvat sen tuotantomääristä ja/tai ominaisuuksista. Tietoja aineesta voi saada tiedot omistavalta taholta tai teettää tarvittavat tutkimukset tietojen saamiseksi. Tietopakettien kerääminen rekisteröintiä varten voidaan tehdä yhteistyössä konsortioissa, jolloin sovitaan kustannusten jaosta, tai ostaa tiedon omistavalta taholta. Esirekisteröintivaiheessa samaa ainetta rekisteröivät yritykset pyritään saamaan samaan SIEF-ryhmään (SIEF = Substance Information Exchange Forum), eli samaan tietojenvaihto-foorumiin, jossa mahdollisesta yhteisestä rekisteröinnistä keskusteltaisiin. Tiedonhankinta tulee todennäköisesti olemaan rekisteröijälle suurin taloudellinen rasite.

Kemikaaliasetuksen liitteissä VII - X ilmoitetaan rekisteröintiin tarvittavat vakiotiedot eri tonnimääriä kohti. Kemikaaliasetus ja sen liitteet löytyvät internetistä <http://www.reachinfo.fi/> ja valikosta REACH-asetus suomeksi.

## **Koivutisleen kaupallistamispolut ja - mahdollisuudet**

Pyrolyysin sivutuotteena saatava koivutisle ja -terva voidaan kaupallistaa monella eri tavalla ja erilaisia kaupallistamispolkuja edeten. Helpointa on kaupallistaa tuotteet, jotka edellyttävät REACH-asetuksen mukaista rekisteröintiä. Seuraavina tulevat biosidit, kasvinsuojeluaineet, lääkkeet sekä elintarvikkeiden lisäaineet. Kaikkia em. tuotetyyppejä on koivutisleestä jo kehitetty.

Taloudellisesti merkittäviä ovat rakennuspuun värjäykseen ja maalaamiseen käytettävät valmisteet, joita koskevat REACH-asetuksen velvoitteet. Koivusta saatavat tuotteet sopivat erityisen hyvin luonnossa olevien vapaa-ajan asuntojen, rakennusten ja aitausten pintakäsittelyyn (Kuva 1). Myös kompositiin ja käymälöiden hajusteet kuuluvat REACH-asetuksen mukaiseen kaupallistamiseen.



Kuva 1. Koivutisleestä ja tervasta saadaan puurakentamiseen sopivia väriaineita, jotka sopivat hyvin mm. vapaa-ajan asuntojen väreiksi ja piharakenteiden maalaukseen. (Kuvaaja: Erkki Pyy)

Rakennuspuun käsittelyssä tuotteita koskevat biosidilainsäädännön velvoitteet heti, jos tuotteita markkinoidaan lahontorjuntaan liittyvillä väittämillä. Vastaavaa biosidikäyttöä on metsästä poistetun raakapuun sinistäjäsiementen torjunta. Sisätiloissa esiintyvien tuholaisten torjunta kuuluu myös biosidikäytön piiriin. Raja biosidien ja kasvinsuojeluaineiden välillä on aina tarkistettava viranomaisilta etukäteen, sillä esim. muurahaisten torjunta sisätiloissa on aineen biosidikäyttöä, mutta torjunta kukkapenkistä voidaan luokitella kasvinsuojeluksi. Kasvinsuojeluun kuuluu käyttö, jolla: a) torjutaan kasvitaujeja, b) karkotetaan tuhoeläimiä kasvustoista c) torjutaan kasveilla olevia tuhoeläimiä, d) torjutaan rikkakasveja e) säädellään kasvien kehitystä.

Kysyntää koivutisleestä valmistetuilla kasvinsuojeluaineilla olisi. Tähän tutkimukseen liittynyt markkinatutkimus osoitti, että suurinta kysyntä on LUOMU-viljelyssä, julkisten alueiden (puisto, leikkikentät, käytävät) hoidossa sekä omatarveviljelyssä. Myös metsien hirvivahinkojen ja puutarhayritysten peuratorjunta ovat merkittäviä markkina-alueita. EU:n torjunta-ainepolitiikka korostaa tarvetta korvata synteettisten kemikaalien käyttöön perustuvaa kasvinsuojelua luonnonmukaisemmilla torjuntatekniikoilla. Helppointa markkinoille pääsy on esim. USA:ssa, jossa kasveista saatavat pyrolyysituotteet on hyväksytty ns. orgaanisen viljelyn kasvinsuojeluun (<http://www.ecosmart.com/commercial/default.asp>).

Edellä kuvatut rekisteröintikäytännöt ovat toistaiseksi olleet ylivoimainen este kasviperäisten aineiden kaupallistamiselle kasvinsuojeluaineiksi Suomessa ja Euroopassa. Tuotteita kehittävät pääasiassa pienet yritykset, joilla ei ole resursseja kalliiden tutkimusten ja analyysien rahoittamiseen. Suomessa Evira on myöntänyt koetoimintaluvan ainakin kahden eri tislevalmistajan tuotteille vuoden 2008 aikana. EU:ssa valmisteltavana oleva kasvinsuojeluainedirektiivin muutos antanee tulevaisuudessa hyvän pohjan luoda kansallisia käytäntöjä, joilla helpotetaan biohajoavien valmisteiden pääsyä markkinoille hallitusti.

Asetustekstin johdantolauselma 16: ” *Tietyt aineet, joita ei yleensä käytetä kasvinsuojeluaineina, saattavat olla hyödyllisiä kasvinsuojelussa, mutta taloudelliset kannustimet niiden hyväksymisen hakemiselle saattavat olla rajalliset. Siksi erityissäännöksillä olisi varmistettava, että tällaiset aineet voidaan myös hyväksyä käytettäviksi kasvinsuojelussa, kunhan niiden aiheuttamat riskit vain ovat kohtuulliset*”.

Uuden asetuksen teksti on hyvin linjassa myös komission rahoittaman Rebeca-hankkeen suositusten kanssa (<http://www.rebeca-net.de/>).

## **Kirjallisuutta kasvinsuojeluaineiden rekisteröintiä suunnitteleville**

### **Eviran ohjeet kasvinsuojeluaineiden tutkimusvaatimuksiksi:**

EVIRA 2008. Annex 7 environmental studies required for the authorization of a plant protection product. Päivitetty: 24.7.2008. Saatavissa internetissä [http://www.evira.fi/portal/en/plant\\_production\\_and\\_feeds/plant\\_protection\\_products/registration\\_of\\_plant\\_protection\\_products/application\\_sheets/](http://www.evira.fi/portal/en/plant_production_and_feeds/plant_protection_products/registration_of_plant_protection_products/application_sheets/)

### **EU:n kasvinsuojeluaineiden riskinarviointiasiakirjat (Guidance Documentit):**

Boesten, J., Businelli, M., Delmas, A., Gottesbüren, B., Hanze, K., Jarvis, T., Jones, R., Klein, M., van der Linden, T., Rekolainen, S., Ressler, H., Roquero, C., Maier, W-M., Styczen, M., Thorsen, M., Travis, K. & Vanclooster, M. 2000. FOCUS groundwater scenarios in the EU review of active substances. SANCO/321/2000, revision 2, November 2000. 122 s. Saatavissa internetistä [http://focus.jrc.ec.europa.eu/gw/docs/FOCUS\\_GW\\_Report\\_Main.pdf](http://focus.jrc.ec.europa.eu/gw/docs/FOCUS_GW_Report_Main.pdf)

Boesten, J.J.T.I., Aden, K., Beigel, C., Beulke, S., Dust., M., Dyson, J.S., Fomsgaard, I.S., Jones, R.L., Karlsson, S., van der Linden, A.M.A., Richter, O., Magrans, J.O., Soulas, G. 2006. Guidance Document on Estimating Persistence and Degradation Kinetics from Environmental Fate Studies on Pesticides in EU Registration. The Final Report of the Work Group on Degradation Kinetics of FOCUS. SANCO/10058/2005, version 2.0, June 2006. 434 s.

EU Commission 2002. Scenarios in the EU evaluation process under 91/414/EEC. SANCO/4802/2001 revision 1, June 2002. 228 s.

EU council 1991. Directive 91/414/EEC. Saatavissa internetissä <http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/l13002a.htm>.



European Commission 2002. Guidance Document on Risk Assessment for Birds and Mammals under Council Directive 91/414/EEC. SANCO/4145/2000 – final, September 25<sup>th</sup>, 2002.

European Commission 2002. Guidance Document on Terrestrial Ecotoxicology under Council Directive 91/414/EEC. SANCO/10329/2002 – rev. 2 final, October 17<sup>th</sup>, 2002.

European Commission 2002. Guidance Document on Aquatic Ecotoxicology in the context of the Directive 91/414/EEC. SANCO/3268/2001 revision 4 final, October 17<sup>th</sup>, 2002.

European Commission 2003. Guidance Document on the Assessment of the Relevance of Metabolites in Groundwater of Substances Regulated under Council Directive 91/414/EEC. SANCO/221/2000 rev. 10, February 25<sup>th</sup>, 2003.

FOCUS 2002. Generic guidance for FOCUS groundwater scenarios, version 1.1. April 2002. 61 s.

FOCUS 2002. Surface Water scenarios in the EU Evaluation Process under 91/414/EEC. SANCO/4802/2001 revision 1, June 2002.

Linders, J., Adriaanse, P., Allen, R., Capri, E., Gouy, V., Hollis, J., Jarvis, N., Klein, M., Lolos, P., Maier, W.-M., Maund, S., Pais, C., Russell, M., Smeets, L., Teixeira, J.-L., Vizantinopoulos, S. & Yon, D., 2002. FOCUS surface water scenarios in the EU evaluation process under 91/414/EEC. SANCO/4802/2001-rev.1 (June 2002). 228 s.

Mattsoff, L. 2005. Torjunta-aineiden maaperän eliöille aiheuttamien riskien arviointi – toistuvan käytön rajoituksen tarkentaminen. Suomen ympäristö 804. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Saatavissa internetissä: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=163568&lan=FI>

### **EU:n biosidien ohjeasiakirjat:**

EU:n biosididirektiivi 98/8/EC liitteinen

European Commission 2000. Technical Guidance Document in Support of the Directive 98/8/EC concerning the Placing of Biocidal Products on the Market. Guidance on Data Requirements for Active Substances and Biocidal Products. Version 4.3.2. October 2000. 9 s.

European Commission 2002. Technical Notes for Guidance on Dossier Preparation including preparation and evaluation of study summaries under Directive 98/8/EC concerning the placing of biocidal products on the market. March 28<sup>th</sup>, 2002.

European Commission 2002. Technical Notes for Guidance in support of Annex VI of Directive 98/8/EC of the European Parliament and the Council concerning the placing of biocidal products on the market. Common Principles and Practical Procedures for the Authorisation and Registration of Products. Version 10.0, July 2002.

European Chemicals Bureau 2003. Technical Guidance Document on Risk Assessment in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances, Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for existing substances and Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market. EUR 20418 EN/2. April 2003.

**EU-tason ehdotuksia uusiksi käytännöiksi:**

EU Council 2008. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market. Päivitetty: 24.7.2008. Saatavissa internetissä: <http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/l13002a.htm>

EU Commission 2007. REBECA-hankeraportit, Regulation of biological Control Agents. Saatavissa internetissä: <http://www.rebeca-net.de/>